



ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.

- 1.1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO FINAL DE CARRERA.
- 1.2. OBJETIVOS.
- 1.3. AGRADECIMIENTOS.

CAPÍTULO 2. LA MADERA COMO MATERIAL EN LA CONSTRUCCIÓN.

- 2.1. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA MADERA.
 - 2.1.1. Composición de la madera.
 - 2.1.2. Estructura macroscópica de la madera.
 - 2.1.3. Estructura microscópica de la madera.
- 2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS MADERAS.
- 2.3. PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS MADERAS Y SU INFLUENCIA EN LOS ARTESONADOS.
 - 2.3.1. Anisotropía.
 - 2.3.2. Humedad de la madera. Relaciones agua-madera. Determinación de su humedad.
 - 2.3.3. Peso específico.
- 2.4. PROPIEDADES MECÁNICAS Y ENSAYOS DE CONTROL EN LA MADERA.
 - 2.4.1. Resistencia a la compresión.
 - 2.4.2. Resistencia a la tracción.
 - 2.4.3. Resistencia a la flexión.
 - 2.4.4. Dureza. Determinación de su dureza.
- 2.5. CAUSAS DE DESTRUCCIÓN DE LAS MADERAS.
 - 2.5.1. Deterioros de la madera durante el crecimiento del árbol.
 - 2.5.2. Patologías y agentes destructores de la madera.
 - 2.5.2.1. Agentes abióticos de deterioro.
 - 2.5.2.2. Agentes bióticos de deterioro.
- 2.6. TRATAMIENTOS DE PROTECCIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA MADERA.
 - 2.6.1. Factores incidentes en la durabilidad de la madera.
 - 2.6.2. Evaluación de la importancia de daños.
 - 2.6.3. Técnicas de tratamiento de la madera.
 - 2.6.3.1. Tratamientos de la madera antes de su puesta en servicio.
 - 2.6.3.2. Tratamientos de la madera puesta en servicio.

CAPITULO 3. LA CARPINTERÍA DE ARMAR ESPAÑOLA.

- 3.1. ELECCIÓN DE LA MADERA DESTINADA A TRABAJOS DE CARPINTERÍA DE ARMAR.
- 3.2. ENTRAMADOS ESTRUCTURALES DE MADERA EN LA EDIFICACIÓN.
- 3.3. CONSTRUCCIÓN DE LOS FORJADOS DE MADERA. DE LAS SOLUCIONES MÁS SIMPLES A LOS ARTESONADOS.
 - 3.3.1. Consideraciones técnicas para la ejecución de los forjados de madera.
 - 3.3.2. Tipología de forjados de madera.
- 3.4. ARMADURAS DE CUBIERTA.
 - 3.4.1. Armadura de pares.
 - 3.4.1.1. Características de las armaduras de par y nudillo.
 - 3.4.1.2. Esquemas formales de las armaduras de par y nudillo.
 - 3.4.2. Armadura de correas.
 - 3.4.3. Forjados inclinados.



CAPÍTULO 4. LA CARPINTERÍA DE LAZO EN LA COMPOSICIÓN DE LAS ARMADURAS DE CUBIERTA DE MADERA.

- 4.1. INTRODUCCIÓN DE LOS MOTIVOS DE LAZO EN LA CARPINTERÍA DE ARMAR ESPAÑOLA.
- 4.2. DIFERENCIAS EN EL ORIGEN ENTRE LA CARPINTERÍA DE LAZO Y LA CARPINTERÍA DE ARMAR ESPAÑOLA.
- 4.3. LOS TRAZADOS DE LACERÍA Y LAS RUEDAS DE LAZO.
 - 4.3.1. Desarrollo de una rueda de lazo a partir de una estrella de ocho puntas.
 - 4.3.2. Desarrollo de las ruedas de lazo empleadas en la carpintería de armar española.
 - 4.3.3. Los cartabones de armar.
 - 4.3.4. Los cartabones de lazo.
- 4.4. TRATADOS DE CARPINTERÍA.
 - 4.4.1. Manuscrito de Diego López de Arenas.
 - 4.4.2. Tratado de arquitectura de fray Andrés de San Miguel.
 - 4.4.3. Tratado de arquitectura de fray Lorenzo de San Nicolás.
 - 4.4.4. Manuscrito de Rodrigo Álvarez.

CAPÍTULO 5. DESCRIPCIÓN HISTÓRICA DE LA IGLESIA PARROQUIAL DE LA CONCEPCIÓN DE CARAVACA DE LA CRUZ.

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS ARQUITECTÓNICO Y COMPOSITIVO DE LA IGLESIA PARROQUIAL DE LA CONCEPCIÓN DE CARAVACA DE LA CRUZ.

- 6.1. DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA.
 - 6.1.1. La iglesia.
 - 6.1.2. El artesonado.
 - 6.1.3. Las cubiertas.
- 6.2. ANÁLISIS COMPOSITIVO DEL ARTESONADO MUDÉJAR DE LA NAVE CENTRAL.
 - 6.2.1. Análisis compositivo de los tramos 0 y 1 del almizate.
 - 6.2.2. Análisis compositivo del tramo 2 del almizate.
 - 6.2.3. Análisis compositivo del tramo 3 del almizate.
 - 6.2.4. Análisis compositivo de los faldones laterales.

CAPÍTULO 7. ANÁLISIS CONSTRUCTIVO DEL ARTESONADO MUDÉJAR DE LA IGLESIA PARROQUIAL DE LA CONCEPCIÓN DE CARAVACA DE LA CRUZ.

- 7.1. CONSTRUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE CONSTITUYEN LA CUBIERTA DE LA IGLESIA.
- 7.2. CONSTRUCCIÓN DE LOS FALDONES LATERALES DE LA CUBIERTA DE LA IGLESIA.
 - 7.2.1. Construcción de los elementos decorativos empleados para cuajar los faldones laterales.
 - 7.2.2. Construcción de la sobrecubierta de los faldones laterales.
- 7.3. CONSTRUCCIÓN DEL ALMIZATE DE LA NAVE CENTRAL DE LA IGLESIA.
 - 7.3.1. Construcción del tramo 0 y 1 del almizate.
 - 7.3.2. Construcción del tramo 2 del almizate.
 - 7.3.3. Construcción del tramo 3 del almizate.



CAPÍTULO 8. ANÁLISIS DE DETERIOROS EN EL ARTESONADO MUDÉJAR DE LA IGLESIA PARROQUIAL DE LA CONCEPCIÓN DE CARAVACA DE LA CRUZ.

- 8.1. PATOLOGÍAS DEBIDAS A LA HUMEDAD EN EL ARTESONADO DE LA IGLESIA.
- 8.2. PATOLOGÍAS DEBIDAS A PROBLEMAS FÍSICOS EN LAS PIEZAS DE MADERA CONSTITUYENTES DEL ARTESONADO.
- 8.3. PATOLOGÍAS DEBIDAS A ELEMENTOS BIOLÓGICOS PRESENTES EN EL ARTESONADO.
- 8.4. OTRAS PATOLOGÍAS PRESENTES EN EL ARTESONADO.

CAPÍTULO 9. INTERVENCIONES REALIZADAS EN EL ARTESONADO MUDÉJAR DE LA IGLESIA PARROQUIAL DE LA CONCEPCIÓN DE CARAVACA DE LA CRUZ.

- 9.1. RESTAURACIÓN DE LA SOBRECUBIERTA DEL ARTESONADO.
- 9.2. RESTAURACIÓN DEL ARTESONADO DE LA NAVE CENTRAL.
 - 9.2.1. Limpieza general del artesonado.
 - 9.2.2. Desinsectación de la madera del artesonado.
 - 9.2.3. Consolidación de la madera del artesonado.
 - 9.2.4. Reintegración volumétrica de las piezas de madera constituyentes del artesonado.
 - 9.2.5. Reintegración de las policromías y dorados del artesonado.
 - 9.2.6. Protección del conjunto del artesonado.
 - 9.2.7. Encerado del artesonado.
- 9.3. RESTAURACIÓN DE LAS CORREAS PERTENECIENTES AL FALDÓN SUR DEL ARTESONADO.

CAPÍTULO 10. ADOPCIÓN DE MEDIDAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LA INTERVENCIÓN EN EL ARTESONADO DE LA IGLESIA PARROQUIAL DE LA CONCEPCIÓN DE CARAVACA DE LA CRUZ.

- 10.1. ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.
- 10.2. ANÁLISIS DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD. IMPLANTACIÓN Y SEGUIMIENTO.
 - 10.2.1. Medidas de protección colectivas empleadas.
 - 10.2.2. Equipos de protección individual empleadas.
 - 10.2.3. Evaluación de riesgos en los trabajos de conservación del artesonado.

CAPÍTULO 11. PLANIMETRÍA DE LA IGLESIA PARROQUIAL DE LA CONCEPCIÓN DE CARAVACA DE LA CRUZ.

CAPÍTULO 12. VOCABULARIO BÁSICO DE LA CARPINTERÍA DE ARMAR ESPAÑOLA.

CAPÍTULO 13. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA CONSULTADA.



1.1. PRESENTACIÓN

La titulación de Arquitecto Técnico impartida en la Universidad Politécnica de Cartagena exige, para la obtención del título oficial, la calificación positiva de un Proyecto Final de Carrera, trabajo que ha de plasmar los conocimientos teórico-prácticos adquiridos durante los diferentes cursos académicos. Dicho trabajo ha de ser expuesto oralmente en el Salón de Grados de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Civil (encuadrada en la Universidad Politécnica de Cartagena y a la que pertenece la titulación de Arquitecto Técnico) para, posteriormente, procederse a su evaluación por un Tribunal de profesores creado al efecto.

El Trabajo Fin de Carrera aquí presentado lleva por título: “Estudio Histórico-Constructivo del Artesonado Mudéjar de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz. Intervención para su Conservación”. Su génesis se produce en los primeros días de febrero de 2006, tras una conversación con D. Pedro Enrique Collado Espejo, profesor responsable de las asignaturas *Patología en la edificación* (optativa) y *Restauración, rehabilitación y mantenimiento de edificios* (asignatura obligatoria del tercer curso), ambas pertenecientes al Departamento de Arquitectura y Tecnología de la Edificación, y en la cual me planteó la posibilidad de realizar el estudio histórico-constructivo del artesonado mudéjar de la Iglesia Parroquial de la Concepción en Caravaca de la Cruz, además de realizar un somero estudio de la intervención llevada a cabo para la conservación de dicho artesonado.

Fue de incalculable ayuda para poder elaborar este Proyecto Final de Carrera la oportunidad que me brindó la empresa constructora Azuche 88 S.L. de intervenir en la restauración de dicho artesonado como ayudante del Jefe de Obra encargado de dicha obra. Gracias a ello pude comprobar de primera mano los entresijos de esta antigua técnica constructiva y sin lo cual hubiese sido mucho más difícil mi aprendizaje en esta área tan desconocido para mí hasta entonces.

Comienza entonces una ardua tarea de investigación, clasificación y, sobre todo, planificación, que desembocará finalmente en un amplio y laborioso trabajo que espero ayude a quién quisiera acercarse a la metodología de conocimiento e investigación de la Carpintería de Lazo y, en particular, a la que constituye el artesonado de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca, uno de los edificios históricos más representativos y singulares del Patrimonio Arquitectónico Mudéjar de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.



1.2. OBJETIVOS

El presente trabajo pretende, como objetivo principal, profundizar en el estudio de uno de los edificios más representativos del patrimonio mudéjar murciano, la Iglesia Parroquial de la Concepción en Caravaca de la Cruz. Se trata de contribuir al conocimiento y difusión de la historia del inmueble, albergando la esperanza de que este trabajo sirva de material de consulta a aquellos técnicos que trabajan en el ámbito de la restauración y conservación de nuestro Patrimonio Construido.

Por otra parte busca contribuir a la puesta en valor del edificio y su entorno, emplazando a todos aquellos organismos con competencia en materia de Patrimonio, a saber, autoridades locales (Excmo. Ayto. de Caravaca de la Cruz), regionales (Conserjería de Educación y Cultura) y estatales (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte), a promover la conservación de este espléndido edificio del siglo XVI.

La grandiosidad del artesonado mudéjar que cubre la nave central de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz y los escasos estudios existentes sobre el mismo me animó desde el principio a elaborar un trabajo exhaustivo desde el punto de vista histórico y constructivo. A ello hay que unir el enorme interés que tenía por contemplar in situ la intervención llevada a cabo para su conservación, con todo el aprendizaje que he obtenido de ello.

La metodología del Proyecto Final de Carrera la he dividido en los catorce apartados que se muestran en el índice que figura al inicio de este Proyecto. A continuación voy a realizar un brevísimo análisis de cada uno de ellos con objeto de sintetizar en pocas líneas la totalidad del mismo.

El capítulo segundo del presente proyecto lo destino a realizar un breve resumen de las maderas, profundizando en su composición, clases y propiedades físicas y mecánicas. A continuación me centro en tratar las causas más comunes de destrucción de las maderas así como en los tratamientos de protección y consolidación más empleados para la madera.

El tercer capítulo del Proyecto lo dedico a realizar una introducción a la carpintería de armar española, centrándome especialmente en las armaduras de cubierta sobre las que posteriormente se realizan los diferentes trabajos de carpintería de lazo. Así distingo fundamentalmente tres tipos de cubiertas de madera: las armaduras de pares, las armaduras de correas y los forjados inclinados de madera.



A continuación en el capítulo cuarto me adentro en la Carpintería de Lazo que decora los faldones y almizates de las armaduras de cubierta descritas en el capítulo anterior. Así pues explico los orígenes de esta antigua técnica carpintera, para seguidamente, explicar la forma de realizar estos complejos trazados de lacería. Para ello explico la forma de desarrollar las ruedas de lazo que son el origen de estos trazados, las cuales se obtenían a partir del correcto manejo de los cartabones de lazo. Para finalizar el capítulo realizo un breve resumen de los diferentes tratados de carpintería que se publicaron fundamentalmente a lo largo de los siglos XVII y XVIII.

A partir del quinto capítulo me empiezo a centrar en la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz, para lo cual comienzo realizando una breve descripción histórica del templo.

El capítulo sexto lo dedico al análisis arquitectónico y compositivo de la iglesia, centrándome sobre todo en el artesonado mudéjar que cubre la nave central del templo. Así pues trato de explicar los elementos que componen los distintos tramos de los almizates y los faldones inclinados de la nave central. Para ello me centro en el análisis de las ruedas que decoran cada tramo, teniendo en cuenta también las distintas policromías empleadas para decorar cada uno de ellos.

El capítulo séptimo del Proyecto lo dedico al análisis constructivo del artesonado de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz. En él trato de mostrar como los antiguos carpinteros del siglo XV y posteriores, realizaban las distintas ruedas de lazo, para lo cual muestro una secuencia gráfica de cada uno de los distintos tramos de almizate de la Concepción en la que se van explicando cada uno de los pasos necesarios para realizar estos trazados. Este capítulo del Proyecto fue de vital importancia a la hora de intervenir en el templo ya que permitió a los restauradores acometer los trabajos con la certeza de realizar las piezas correctamente además de entender la construcción de este tipo de trazados tan desconocidos en nuestros días.

En el capítulo octavo del Proyecto simplemente identifiqué los deterioros existentes en el artesonado mudéjar de la Concepción, distinguiendo las patologías por su origen.

El capítulo noveno de este Proyecto Final de Carrera es sin lugar a dudas uno de los más importantes del mismo, ya que trato de explicar la intervención efectuada en el artesonado mudéjar de la Concepción para su conservación. En él distingo tres partes claramente diferenciadas: la restauración de la sobrecubierta, la restauración del artesonado de la nave central y la restauración de las dos correas del faldón Sur que se encontraban muy deterioradas. Para explicar todo este proceso aporté gran cantidad de fotografías explicando paso a paso el procedimiento de actuación que se consideró oportuno para afrontar la complejidad de dicha restauración.



La adopción de las medidas de Seguridad y Salud llevadas a cabo en la intervención en el artesonado de la Concepción, centra el capítulo décimo del Proyecto. En él he intentado realizar un análisis del Estudio de Seguridad y Salud redactado por la Dirección Facultativa encargada de dirigir la intervención, contrastando las medidas mencionadas con las planteadas en el Plan de Seguridad y Salud elaborado por la empresa constructora encargada de realizar las obras de restauración.

Otro aspecto importante del proyecto consistía en el levantamiento planimétrico de las plantas, fachadas y secciones más representativas del templo. Este apartado constituye el capítulo undécimo del Proyecto Final de Carrera y tiene por objeto abordar de un modo gráfico el estado actual de la iglesia. Los planos trazados, más que erigirse en protagonistas, han de constituir un apoyo que enriquezca la parte analítica del proyecto y mejore su comprensión, por lo que se entiende que los planos presentados cumplen con creces estos objetivos.

El capítulo duodécimo tiene por objeto intentar definir el significado de los términos de la carpintería de armar española, con la finalidad de aproximar al lector al conocimiento del lenguaje usado por los carpinteros de lo blanco que tantos trabajos realizaron en la España de los siglos XIV al XVIII. Así pues este capítulo está dedicado a recopilar el vocabulario básico de la carpintería de armar española, y en especial de la relativa a la Carpintería de Lazo.

En el capítulo decimotercero muestro la relación de los libros consultados para realizar el presente Proyecto Final de Carrera, y sin los cuales me hubiese sido realmente difícil haberlo realizado, dado el escasísimo conocimiento que tenía al comenzar este Proyecto de esta maravillosa técnica constructiva empleada por nuestros carpinteros a lo largo de los siglos XIV, XV, XVI, XVII y en menor medida en el XVIII.

Por último, indicar que el presente Proyecto Fin de Carrera está enfocado como una contribución al estudio, conocimiento, conservación y, remarcamos, puesta en valor de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz, declarada Monumento Histórico-Artístico de carácter Nacional según RD 2881/1983 de 21 de septiembre de 1983, pasando a ser Bien de Interés Cultural con categoría de Monumento con la Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español.



1.3. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, mi más sincero agradecimiento a D. Pedro Enrique Collado Espejo, director académico del presente Proyecto Final de Carrera, por haberme animado a realizar este trabajo y guiarme sabiamente durante todo el proceso. Asimismo, le agradezco sus enseñanzas respecto al Patrimonio Histórico, a menudo desconocido para los técnicos, del cual él es un gran conocedor.

A continuación quisiera expresar mi agradecimiento a los técnicos que de un modo u otro han compartido conmigo el fruto de su trabajo. Muchas gracias al arquitecto D. Juan de Dios de la Hoz Martínez por el aporte de documentación gráfica y su total disponibilidad en todo momento, y en especial al Arquitecto Técnico D. Saturnino López Sánchez, Jefe de Obra encargado de dirigir las obras de Restauración de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz, por haber compartido durante meses sus enormes conocimientos conmigo, además de haberme apoyado en todo momento y al que siempre le estaré agradecido de las enseñanzas adquiridas así como de su trato humano. También me gustaría mostrar mi gratitud a los encargados de obra de la Restauración de la Concepción D. Juan Vivo y D. José Ángel Meseguer, por haber compartido conmigo tantas horas de trabajo, y gracias a los cuales hoy se un poco más del complejo mundo de las obras de Restauración. También me gustaría agradecer a la empresa constructora Azuche 88 S.L. la posibilidad que me brindaron de trabajar en una obra tan compleja y preciosa, que no todo el mundo tiene la oportunidad de trabajar en este tipo de obras.

Mis reconocimientos a otras personas y entidades que de un modo u otro han contribuido a que esta empresa se haga realidad: Servicio de Patrimonio Histórico (Dirección General de Cultura, dependiente de la Conserjería de Educación y Cultura), a los arquitectos D. Ignacio Talavera y Cesar Egea por asesorarme sabiamente y en general a todos los profesores de la Universidad Politécnica de Cartagena que me han ayudado en diversas tareas. Asimismo, a todas aquellas personas que, habiendo colaborado de un modo u otro, por omisión involuntaria no han sido reflejadas en estas líneas.

Por último agradecer especialmente a mis padres el apoyo prestado en todo momento, no sólo a la hora de realizar este trabajo sino a lo largo de mi corta vida, y sin los cuales estaría seguro que hoy no estaría presentando este Proyecto Final de Carrera.

Sin más preámbulos solo espero que el presente Proyecto Final de Carrera les ayude a comprender un poco mejor la Carpintería de Armar Española, y más concretamente la Carpintería de Lazo.

2. LA MADERA COMO MATERIAL EN LA CONSTRUCCIÓN.

La madera es el recurso natural más antiguo de que dispone el hombre. Y como en tantas otras ocasiones, no le damos la importancia que realmente tiene. Y no solo por sus características físicas y mecánicas, además de su belleza y facilidad de trabajo, sino lo más importante es su condición de recurso natural y por tanto prácticamente inagotable siempre que las técnicas de producción sean las adecuadas.

2.1. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA MADERA:

La madera es un material complejo, con unas propiedades y características que dependen no sólo de su composición sino de su constitución (o de la manera en que están colocados u orientados los diversos elementos que la forman). El como están colocados u ordenados estos elementos nos servirá para comprender mejor el comportamiento de este material.



Figura 1. Pinos britecone. Se trata de una de las especies más longevas del mundo.¹

En primer lugar se ha de recordar que la madera no es un material de construcción, fabricado a propósito por el hombre, sino que es un material obtenido del tronco y las ramas de los árboles cuya finalidad es la de facilitar el crecimiento y supervivencia de este elemento vegetal.

La madera no se trata de un material homogéneo, ya que está formado por diversos tipos de células especializadas que forman tejidos. Estos tejidos sirven para realizar las funciones fundamentales del árbol;

conducir la savia, transformar y almacenar los alimentos y por último formar la estructura resistente o portante del árbol.²

2.1.1. COMPOSICIÓN:

La madera es una sustancia fibrosa, organizada y esencialmente heterogénea. Su origen vegetal le confiere unas características peculiares, diferentes de las materias de origen mineral, ya que sus propiedades y posibilidades de empleo son consecuencia de los caracteres y composición química de las células que la constituyen.

Está atravesado por una red de células longitudinales (desde las raíces a la copa) y transversales (desde la médula a la corteza) de distintas características, que dan forma a sus tres componentes

¹ www.haciendofotos.com

químicos básicos: celulosa, hemicelulosa y lignina, en una proporción que varía en función de las distintas especies:

- Celulosa (40-50%).
- Lignina (25-30%).
- Hemicelulosa (20-25%) y el resto, otros compuestos secundarios como resinas, taninos, colorantes y grasas.



Figura 2. Árbol dragón, especie típica de las Islas Canarias.³

Estos elementos orgánicos a su vez, se componen en un 90%, de elementos esenciales como Carbono (45-50%), Oxígeno (38-42%), Hidrógeno (6%), Nitrógeno (1%) y un 10% de otros elementos, ya sean cuerpos simples (Fósforo y azufre) o compuestos minerales (Potasa, calcio, sodio).

Celulosa: principal componente estructural de la madera, es un polímero lineal, de color blanco, más denso que el agua, insípido e inodoro, de fórmula $(C_6H_{10}O_5)_n$ con valor de n de varios miles de unidades.

Es un hidrato de carbono, análogo al almidón, que se descompone en contacto con el agua, pero inalterable si está seco. Sería el equivalente a las armaduras en el hormigón armado.

Lignina: es la sustancia que da a la madera su dureza ya que actúa como impermeabilizante de las cadenas de celulosa (muy hidrófilas) y como aglomerante de las estructuras fibrilares de las células. Se desconoce su composición química con exactitud.

Hemicelulosa: es también un polímero de fórmulas $(C_5H_8O_4)_n$ y $(C_6H_8O_4)_n$ (n = centenares de unidades) al que se conoce como el agente cementante que mantiene aglomeradas las microfibrillas y evita fisuras cuando las fibras de la madera son sometidas a esfuerzos de flexión, torsión o compresión. Su misión es dar unión a las fibras pero sin incidir en su dureza ni en sus propiedades mecánicas. Se trata además de sustancias fácilmente atacables por los hongos.⁴

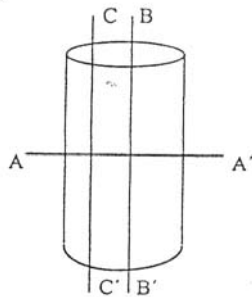
² www.geocites.com/cokevilchez/madera.htm

³ www.haciendofotos.com

⁴ www.geocites.com/cokevilchez/madera.htm

2.1.2. ESTRUCTURA MACROSCÓPICA:

La estructura macroscópica es la que se observa a ojo desnudo o con 10 aumentos. Para su estudio y debido a su heterogeneidad se establecen tres planos o secciones del tronco de un árbol:⁵



A-A' Corte normal o "de testa"

B-B' Corte por su eje o "al corazón"

C-C' Corte longitudinal o "al hilo"

Figura 3. Planos de estudio de un tronco de madera.

Al examinar la sección de un tronco de madera en un corte normal al eje, se pueden observar las siguientes características fácilmente diferenciables:

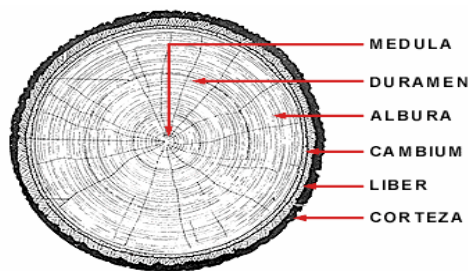


Figura 4. Sección transversal de un tronco.⁶

- **Corteza:** capa exterior del tronco, de espesor irregular, formada por células muertas y cuya única misión es proteger y aislar al árbol de los agentes atmosféricos.

- **Líber:** Capa interna del tronco formado por células vivas poco resistentes.

- **Cambium:** Capa generatriz que se encuentra debajo de la corteza formada por células de paredes muy delgadas que son capaces de transformarse por divisiones sucesivas en nuevas células, formándose en la cara interna células de xilema o madera nueva, y en la externa líber o floema.

La parte del tronco que comúnmente denominamos madera consta de dos zonas diferenciadas: la albura y el duramen.

- **Albura:** Es la madera joven. Esta formada por tejidos jóvenes en periodo de crecimiento (zona viva) y contiene mucha savia y materias orgánicas. Constituye una madera, en general, porosa, de poco espesor y consistencia. La albura absorbe mejor los productos de tratamiento sin embargo es siempre menos resistente que el duramen.

5 GARCÍA ESTEBAN, L., et al, La madera y su anatomía, Madrid, Fundación Conde del Valle de Salazar, 2003. p.16.

-*Duramen*: madera más cercana a la médula o corazón, constituido por tejidos que han llegado a su máximo desarrollo y resistencia debido al proceso de lignificación. Su color es más oscuro que el de la albura. Se trata de madera de gran resistencia frente a los ataques de los insectos.

En las dos capas anteriores se pueden distinguir los anillos de crecimiento, con diferente coloración según el periodo vegetativo o época en el que se ha originado la capa de cambium, de la que han nacido. El número de anillos puede coincidir con la edad del árbol (anillos anuales de crecimiento) en países de climas templados o fríos en los que el periodo vegetativo es anual, mientras que, en países de climas cálidos el número de anillos puede llegar a ser el doble o la mitad de la edad del árbol, pues los periodos vegetativos dependen de la menor o mayor duración de los periodos de sequía.

La madera primeriza es de formación rápida mientras que la madera tardía, que se forma al final del periodo vegetativo con un aumento de la cantidad de fibras y su espesor, es de formación lenta. Esto produce una coloración más oscura de la madera tardía en relación a la madera primeriza, lo que permite diferenciar los sucesivos anillos.



Figura 5. Diferencias entre la madera de albura y de duramen en una sección transversal.⁷

Los anillos de crecimiento son estrechos en la juventud, aumentan de espesor en la madurez y disminuyen de nuevo en la vejez del árbol. Sirven como indicador de un crecimiento normal del árbol, pues cualquier fenómeno que haya actuado sobre él (por ejemplo una helada), queda reflejado en el menor grosor de los anillos de crecimiento. El grosor de los anillos también varía según el tipo de madera. Así, en maderas blandas que se obtienen de árboles que crecen en las laderas de los ríos (sauce, chopo, o álamo), los anillos son muy anchos y pueden llegar a tener un grosor de 2 cm. En maderas duras como la

obtenida de la encina, haya..., los anillos son de pocos mm. de espesor mientras que las maderas muy duras (tejo, boj...) se caracterizan por tener unos anillos de pocas décimas de mm. de espesor.

⁶ www.geocities.com/cokevilchez/madera.htm

⁷ GARCÍA ESTEBAN, L., et al, La madera y su.... p.19

-**Medula:** Parte central del árbol, la más antigua que se forma por secado y resinificación. Forma un cilindro en el eje del árbol y está constituida por células redondeadas que dejan grandes meatos en sus ángulos de unión. Se trata de madera vieja, porosa y generalmente agrietada, que suele desecharse en los procesos de elaboración de la madera.

-**Radios leñosos:** Bandas o laminas delgadas de un tejido, cuyas células se desarrollan en dirección radial (perpendicular) a los anillos de crecimiento. Tienen una doble función, ya que por un lado sirven de trabazón, y por otra, almacenan y difunden las materias nutritivas que aporta la savia descendente (igual que las células de parénquima). Contribuyen a que la deformación de la madera sea menor en la dirección radial que en la tangencial. Los radios son más blandos que el resto de la masa leñosa y por eso constituyen las zonas de rotura, cuando se ejerce el esfuerzo o compresión paralelamente a las fibras.⁸

2.1.3. ESTRUCTURA MICROSCÓPICA DE LA MADERA:

Como se ha dicho anteriormente la madera no es un material homogéneo, ya que está formado por diversos tipos de células especializadas que forman tejidos. Estos tejidos sirven para realizar las funciones fundamentales del árbol: conducir la savia, transformar y almacenar los alimentos y formar la estructura resistente o portante del árbol.

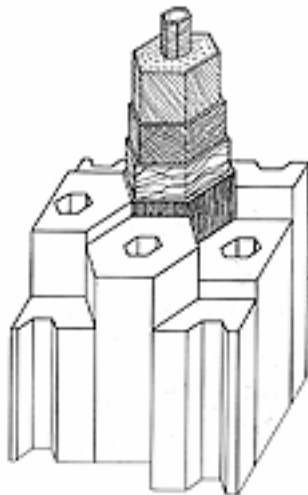


Figura 6. Estructura microscópica de la madera.⁹

La madera está constituida por una aglomeración de células tubulares de forma y longitud muy variables, contiene pequeños tubos que transportan agua desde las raíces a las hojas; estos vasos conductores están dispuestos verticalmente en el tronco y son los que forman su veta.

El tronco de un árbol no crece hacia lo alto (excepto en su parte superior), sino a lo ancho, y la única sustancia del tronco destinada a su crecimiento es una fina capa situada entre la corteza y la madera, llamada cambium. A través del cambium circula la savia cruda, y produce el tejido fibroso externo, así como la zona interna a través de la cual circula la savia.

Los árboles se nutren por las raíces absorbiendo agua, sales minerales y nitrógeno del suelo, penetrando por ósmosis en los

⁸ GARCÍA ESTEBAN, L., et al, La madera y su.... Pp. 18-19.

⁹ www.geocites.com/cokevilchez/madera.htm

pelos y ascendiendo hasta las hojas por los vasos, es la savia ascendente. En las hojas se efectúa, durante el día, la fotosíntesis mediante la clorofila. La planta absorbe CO_2 del aire, formando aldehído y desprendiendo oxígeno. El aldehído fórmico se polimeriza, transformándose en azúcar, y descendiendo como savia elaborada por los tubos cribosos del líber, alimentando las células de la capa generadora y las de reserva (radios medulares, parénquima). En el tronco se transforma estos azúcares en almidón y celulosa, originándose nuevas células en las capa generadora.

Se puede considerar la madera como un conjunto de células alargadas en forma de tubos, paralelos al eje del árbol, y muy variables, tanto en longitud y forma, como en el espesor de sus paredes y en las dimensiones interiores. Estas células están unidas entre sí por una sustancia llamada materia intercelular o laminilla media, y a su vez trabadas por otro tipo de células dispuestas perpendicularmente a las anteriores y en el sentido radial del tronco, formando los denominados radios leñosos.

La variedad de tipos de células y la forma de unirse, definen la infinidad de especies diferentes de madera que existen.

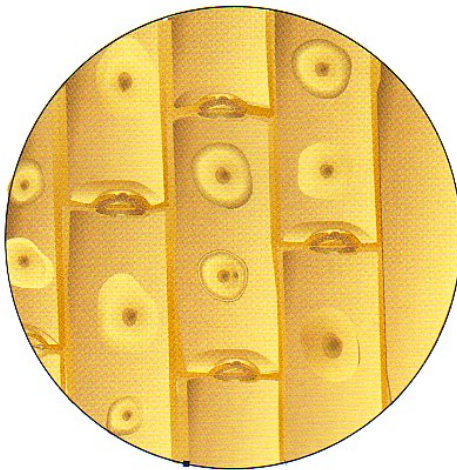


Figura 7 Células traqueidas en cadena. Son las principales células de la madera de coníferas.¹⁰

Las paredes de los tubos están formadas por una serie de capas compuestas por microfibrillas de celulosa enrolladas helicoidalmente alrededor del eje con inclinación diferente en cada capa, y todas ellas, embebidas en un material amorfo, prácticamente insoluble que se denomina lignina.

Es muy habitual asimilar estas células a un pilar hueco de hormigón armado, en la que la lignina hace las veces de hormigón y las microfibrillas de celulosa las de acero.

Para comprender mejor todas las células que forman la estructura de la madera, es conveniente separar su estudio en dos planos. Así en el sentido axial, podemos distinguir los siguientes tipos de células:

-Fibras alargadas, de pared gruesa formadas por células que se han prolongado afinándose en las puntas, constituyendo los tejidos de sostén, es decir, la estructura y la parte resistente de la

¹⁰ GARCÍA ESTEBAN, L., et al, La madera y su...p. 55.

madera (tejido fibroso). En las confieras estas células son las mismas que sirven para permitir la circulación de los fluidos.

-Vasos y poros de pared delgada (tejido vascular), formando los órganos de conducción o vehículo de la savia ascendente o bruta; los poros de la madera aparecen en sección transversal (pequeños agujeros), y en sección longitudinal (pequeñas estrías).

-Células de parénquima, son cortas y poco abundantes. Difunden y almacenan en todo el espesor del árbol la savia descendente o elaborada. El parénquima constituye una especie de tejido conjuntivo (tegumental o de defensa) que vincula entre sí a los otros tejidos y que está formado por células poliédricas de paredes celulósicas delgadas y esponjosas.

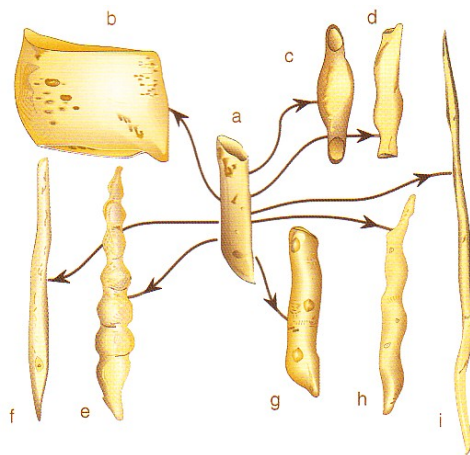


Figura 3.2.
Elementos longitudinales de las maderas de frondosas
a. Célula inicial fusiforme del cambium, b, c, d. Segmentos vasales
e. Célula de parénquima septada, f. Célula fusiforme de parénquima
g. Traqueidas vasculares, h. Traqueidas vasicéntricas, i. Fibra

Figura 8. Elementos longitudinales de las maderas de frondosas.¹¹

Esta especialización entre estructura y función sólo existe en los árboles frondosos; ya que en los resinosos, todas las fibras son de carácter especial, llamadas traqueidas, de paredes más o menos espesas según la época del año en que se han formado.

En el sentido radial hay menos células y éstas se disponen por láminas o bandas delgadas denominada radios medulares, que se intercalan entre las fibras y los vasos, a los que cruzan en ángulo recto, dirigiéndose desde la corteza hasta el centro del árbol. Como comentamos anteriormente, la función de éstas células es la de ejercer una función de trabazón sobre el resto de fibras, y además almacenar y difundir las materias nutritivas que aporta la savia descendente.¹²

¹¹ GARCÍA ESTEBAN, L., et al, La madera y su...p. 75

¹² www.geocites.com/cokevilchez/madera.htm

2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS MADERAS:

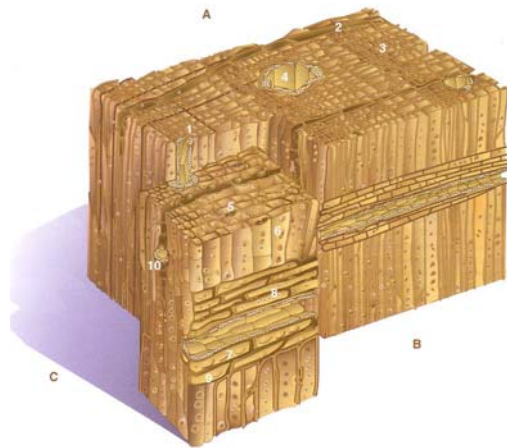


Figura 9. Estructura microscópica de madera de coníferas.¹³

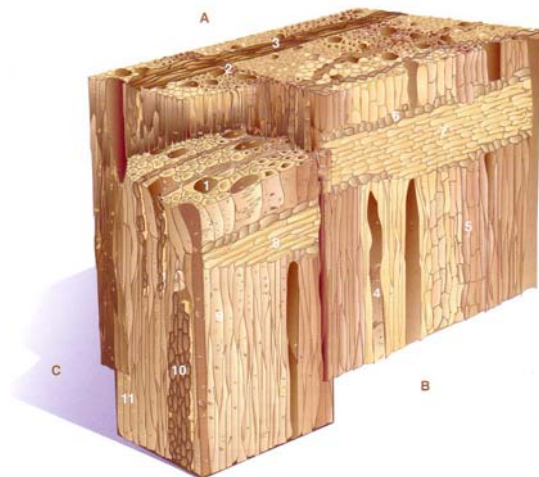


Figura 10. Estructura microscópica de maderas de frondosas.¹⁴

Las diferentes especies de maderas existentes en la naturaleza pueden ser clasificadas en dos grupos principales. Cada uno de estos grupos se individualiza a nivel microscópico según la forma peculiar en que se organizan las células y que le dan las características anatómicas que le son propias a cada especie.

RESINOSAS O CONÍFERAS, son las maderas procedentes de los árboles que pertenecen al grupo biológico de las gimnospermas.” *Las gimnospermas se caracterizan por poseer un aparato reproductor desnudo (gymnos = desnudo, sperma = semilla). Con esta voz Linneo denominaba aquellas plantas que producen semillas al descubierto, es decir, sin la protección de un fruto*”.¹⁵

FRONDOSAS, son las maderas procedentes de los árboles que pertenecen al grupo de las angiospermas. “*Las angiospermas se caracterizan por tener sus semillas encerradas en un recipiente (aggeion = vaso, sperma = semilla), siendo éste precisamente el carácter que las diferencia de las gimnospermas*”.¹⁶

Grupo de las Coníferas o Resinosas. Son de hoja perenne y son propias de las zonas frías y templadas. Proporcionan una madera densa y de muy buena calidad debido a la existencia de unas células, denominadas traqueidas, que tienen forma de uso y están dispuestas en sentido longitudinal.

13 GARCÍA ESTEBAN, L., et al, La madera y su...p. 52.

14 GARCÍA ESTEBAN, L.,et al, La madera y su...p. 74

15 GARCÍA ESTEBAN, L.,et al, La madera y su...p. 49

16 GARCÍA ESTEBAN, L.,et al, La madera y su...p. 73



Estas células son las que comunican las propiedades resistentes para el sostén del árbol y al mismo tiempo conducen la savia.

Los árboles de este grupo, también poseen la característica añadida de proporcionar un líquido viscoso y pegajoso llamado resina. Actualmente se conocen unas cuatrocientas especies tales como Pino, Alerce, Cedro, Abeto, Ciprés... Geológicamente sus fósiles evidencian que son las especies más antiguas.

Las maderas resinosas son usadas en carpintería de taller y de armar, suministrando las mejores y más preciadas maderas de construcción por sus características de trabajo y resistencia mecánica.¹⁷

Grupo de las Frondosas. Son de hoja caduca, poseen hojas largas y de nervios ramificados.

Tienen una estructura más compleja que las anteriores, debido a la presencia adicional de unas células más anchas y espaciadas entre sí, con forma de barril, denominadas vasos, especializadas en el transporte de la savia ascendente.

Son árboles con numerosas familias y millares de especies propias de las zonas templadas y tropicales. Proporcionan maderas de características muy variadas aptas para la ebanistería por su aspecto y calidad. Dentro del grupo de las frondosas podemos distinguir a groso modo tres tipos fundamentales: las maderas duras, perteneciendo a este grupo la encina, el roble, la haya o el olmo entre otros. Las maderas finas entre las que destacan el castaño o el nogal, y por último las maderas exóticas entre las que cabe resaltar el ébano, la caoba o el palisandro por señalar los más conocidos. Éstos últimos crecen en las zonas templadas y tropicales del planeta.¹⁸

17 CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos: Maderas, Valencia, Editorial U.P.V, 1997, pp. 44-45.

18 CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos: Maderas, Valencia, Editorial U.P.V, 1997, pp. 47-50.

2.3. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA Y SU INFLUENCIA EN LOS ARTESONADOS:

Las propiedades físicas de la madera pueden sufrir variaciones, dependiendo de diversos factores. Un aspecto a tener muy en cuenta es el crecimiento que haya tenido el árbol, ya que no es lo mismo que haya crecido sobre una superficie regular que sobre una superficie rocosa. Otro factor influyente en sus propiedades es la edad a la que haya sido talado el árbol, puesto que si se tala en primavera o verano, su madera contendrá más savia y más humedad que si se tala en otoño o invierno. Esto es muy importante ya que el contenido de humedad en la madera es uno de los factores que más influye en el comportamiento futuro de ésta, y es de vital importancia controlarlo.

A continuación vamos a explicar las propiedades de la madera, que son diferentes de los las de otros materiales debidos a su falta de homogeneidad.

2.3.1. ANISOTROPÍA:

Al tratarse la madera de un material formado por fibras orientadas en una misma dirección, posee la propiedad de ser un material anisótropo, es decir, que ciertas propiedades físicas y mecánicas no son las mismas en todas las direcciones que pasan por un punto determinado, si no que varían en función de la dirección en la que se aplique el esfuerzo. De este modo en la madera consideramos tres direcciones principales con características propias:

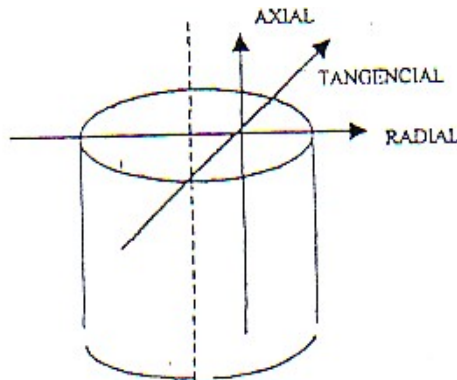


Figura 11. En la madera estudiamos estas tres direcciones.¹⁹

-Dirección axial: Paralela a las fibras y por tanto al eje del árbol. En esta dirección es donde la madera presenta mejores propiedades.

-Dirección radial: Perpendicular al axial, corta el eje del árbol en el plano transversal y es normal a los anillos de crecimiento aparecidos en la sección recta.

-Dirección tangencial: Localizada también en la sección transversal pero tangente a los anillos de crecimiento o también, normal a la dirección radial.

Esta propiedad es consecuencia de los anillos del tronco y de la orientación de las fibras en una dirección. Intuitivamente se ve que las propiedades, siguiendo la dirección de las fibras, serán diferentes de las propiedades en la dirección normal a las fibras.²⁰

¹⁹ CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos...p. 21

²⁰ CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos...pp. 21-22.

2.3.2. HUMEDAD DE LA MADERA. RELACIONES AGUA-MADERA:

Es la propiedad más importante, pues influye sobre todas las demás, ya se trate de propiedades físicas, mecánicas, mayor o menor aptitud para su elaboración, estabilidad dimensional y resistencia al ataque de seres vivos.

El agua es el vehículo de transporte que utilizan las plantas para su alimento, esto unido a la higroscopicidad de la madera, hace que ésta tenga normalmente en su interior cierta cantidad de agua, que es necesario conocer antes de su uso, debido a las modificaciones que produce en las características físicas y mecánicas. El agua en la madera, puede estar presente de tres formas diferentes:



Figura 12. La humedad es un factor de enorme incidencia en las propiedades físicas de la madera.²¹

-Agua de constitución o agua combinada: Es aquella que entra a formar parte de los compuestos químicos que constituyen la madera. Forma parte integrante de la materia leñosa (de su propia estructura), y no se puede eliminar si no es destruyendo el propio material (por ejemplo quemándola).

-Agua de impregnación o de saturación: Es la que impregna la pared de las células rellenando los espacios submicroscópicos y microscópicos de las mismas. Se introduce dentro de la pared celular, siendo la causa de la contracción de la madera cuando la pierde (desorción) y de su expansión cuando la recupera (sorción: retención de agua). Se puede eliminar por calentamiento hasta 100-110 ° C.

-Agua libre: Es la que llena el lumen de las células o tubos (vasos, traqueidas, etc.). Es absorbida por capilaridad. El agua libre, una vez perdida por la madera, ya no puede ser recuperada a partir de la humedad atmosférica. Para recuperarla, habrá de ser por inmersión directa en el agua. El agua libre no tiene más repercusión que la ocupación física de los huecos, y por consiguiente no influye en la hinchazón o merma de la madera ni en las propiedades mecánicas.²²

²¹ www.fotonatura.org

Las dos últimas, agua de impregnación y agua libre, son las que constituyen la humedad de la madera. Es en este punto donde introducimos un concepto muy importante para entender la importancia que tiene la humedad en las propiedades físicas de la madera. Dicho concepto es el contenido de humedad de la madera entendiendo por tal, la relación del peso del agua contenida en la madera con respecto al peso de la madera anhidra, y se calcula de la siguiente forma:

$$h = P_h - P_o / P_o * 100$$

Siendo:

P_h el peso de la madera que estamos estudiando.

P_o el peso de la madera anhidra que multiplicamos por 100 para obtener el % de contenido de humedad de la madera referida al peso seco.

Para una mayor comprensión de cómo se presenta la humedad en la madera vamos a explicar los factores que influyen en su mayor o menor presencia en la madera. La humedad en la madera depende de diversos factores, así varía dependiendo de la zona de la pieza que se emplee, siendo menor la humedad en el interior y teniendo más humedad la albura que el duramen, como también de la época del año en que nos encontremos, ya que en verano la madera contiene más agua que invierno.



Figura 13. El ambiente exterior es otro factor influyente en la humedad de la madera. Puerto de Vigo.²³

La madera se trata de un material higroscópico, lo cual significa que absorbe o desprende agua en función del ambiente que le rodea, de modo que la madera expuesta al aire pierde agua y acaba estabilizándose a una humedad que depende de las condiciones del ambiente: temperatura y humedad. Por tanto, si estas condiciones varían, también variara el contenido de humedad de la madera tendiendo ésta a estar en equilibrio con el estado del aire ambiente, no siendo este equilibrio el mismo si la madera esta secándose que si está absorbiendo agua.

El primer tipo de agua que elimina la madera es el agua libre; ésta perdida se hace prácticamente sin variación de las características físicas-mecánicas, influyendo únicamente en la variación de su

²² www.geocites.com/cokevilchez/madera.htm

²³ www.ojodigital.com

densidad aparente. Desaparecida el agua libre, queda el agua de impregnación de la pared celular (satura las fibras de la madera) y que al disminuir por medio de la evaporación o secado modifica las propiedades físico-mecánicas, aumentando su dureza y la mayoría de sus resistencia mecánicas, y disminuyendo el volumen de la pieza de madera como consecuencia de la disminución de volumen de las paredes de cada una de sus células.

La humedad de la madera depende, ahora, de las condiciones higrotérmicas del ambiente. A cada par de valores de temperatura y humedad relativa del aire corresponde, en la madera, una humedad comprendida entre el 0% y el 30% (punto de saturación de las fibras), que recibe el nombre de “Humedad de equilibrio higroscópico”. Este “punto de saturación de las fibras” (P.S.F.) nos indica la máxima humedad que puede contener una madera sin que exista agua libre. Una vez que haya descendido de este punto, la madera no volverá a tomar agua libre si no es por inmersión.

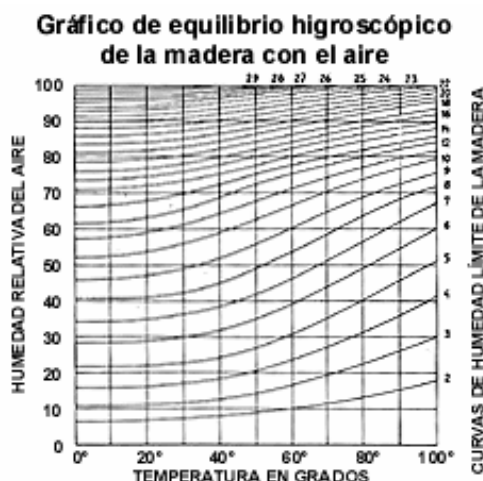


Figura 14. Higroscopicidad de la madera.²⁴

Este P.S.F. es de gran importancia ya que supone una frontera a las variaciones dimensionales, variación de resistencias, etc. Su valor es del orden del 30%, pudiendo sufrir pequeñas variaciones de unas especies a otras.

Las maderas con P.S.F. bajo, tienen estabilizadas sus propiedades mecánicas cuando son empleadas en atmósferas húmedas. Por el contrario si dichas madera se emplean en atmósferas de humedad baja, se deformarán cuando varíe dicha humedad (maderas nerviosas).

Las maderas de P.S.F. altos son, en general, utilizadas en un medio con un % de humedad muy inferior a la que corresponde al P.S.F., excepto en el caso en que se encuentren sumergidas. Se moverán siempre bajo la influencia de las variaciones de humedad pero son, en general, poco nerviosas.²⁵

En el caso de la iglesia de la Purísima Concepción de Caravaca de la Cruz, al tratarse de una zona poco húmeda, la madera empleada posee un punto de saturación de las fibras bastante alto, consiguiendo de este modo mantener la madera en equilibrio.

²⁴ www.geocities.com/cokevilchez/madera.htm

Otro concepto íntimamente ligado a la humedad es la hinchazón y merma de la madera. Ésta es la propiedad que posee la madera de variar sus dimensiones y por tanto su volumen cuando su contenido de humedad cambia. Cuando una madera se seca por debajo del P.S.F., se producen unos fenómenos comúnmente llamados “movimientos, trabajo o juego de la madera”. Si el fenómeno es de aumento de volumen, se designa con el nombre de “hinchazón” y si ocurre el fenómeno inverso de disminución se denomina “merma”.²⁶

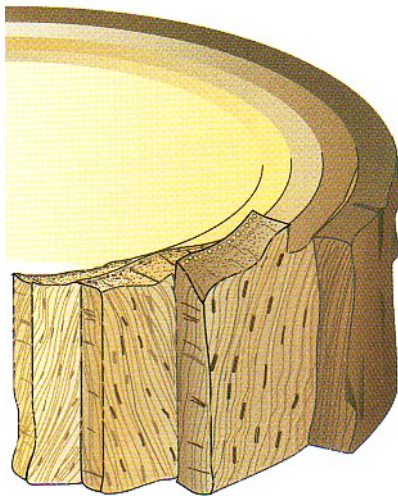


Figura 15. Fibras de la madera.²⁷

El fundamento de los cambios dimensionales está en la absorción o eliminación del agua de las paredes de las fibras leñosas. En el momento en que la separación de las células alcanza su mayor valor y por tanto la madera su mayor volumen, corresponde al P.S.F., para el cual las paredes de las fibras han absorbido todo el agua que podían absorber. Este punto coincide con el 30% de humedad de la madera aproximadamente. La madera puede seguir aumentando su contenido de agua pero no aumentará su volumen, ya que el agua no ocupará las paredes de las células, ya llenas, sino los vasos y traqueidades del tejido leñoso (agua libre).

El aumento de volumen con la humedad es prácticamente proporcional a la misma hasta un punto que coincide aproximadamente con el 25% de humedad, a partir de dicho punto sigue el aumento de volumen pero con incrementos cada vez menores hasta alcanzar el P.S.F., a partir del cual el volumen permanece prácticamente constante (deformación máxima). Por tanto una propiedad muy importante para conocer la calidad de una madera, radica en la facilidad o no, que ésta posee de aumentar su volumen por efecto de la humedad. A este fenómeno se le denomina contracción volumétrica total y viene determinada por la siguiente expresión:

$$B\% = V_s - V_0 / V_0$$

Siendo:

B% la contracción volumétrica total.

²⁵ www.geocites.com/cokevilchez/madera.htm

²⁶ www.geocites.com/cokevilchez/madera.htm

²⁷ GARCÍA ESTEBAN, L., et al, La madera y su.... p.27



V_s el volumen de la probeta saturada de agua.

V_o el volumen de la probeta en estado anhidro.

La contracción volumétrica entre dos estados de humedad viene dado por el porcentaje de variación de volumen entre el estado saturado y el estado anhidro. La medida de contracción volumétrica no es suficiente para determinar la calidad de una madera, ya que para ello es preciso saber como se comporta bajo la influencia de las variaciones de humedad próximas a la humedad normal, que es, en general, la que corresponde al ambiente de empleo de la madera.

Un concepto importante a la hora de clasificar las maderas en función de su contracción es el coeficiente de contracción volumétrica, el cual mide la variación del volumen de la madera cuando su humedad varía en un 1%. Para obtenerlo es necesario recurrir a la siguiente fórmula:

$$V\% = V_h - V_o / V_o * H$$

Siendo:

H la humedad de la madera.

V_o el volumen en estado anhidro.

V_h el volumen con una humedad H%.

Este coeficiente V% (casi constante entre el estado anhidro y de saturación de las fibras) caracteriza las maderas. Así podemos obtener una clasificación de las maderas en función de su coeficiente de contracción volumétrica:

- -Maderas de débil contracción: $0.15\% < V < 0.35\%$. Se trata de maderas poco nerviosas, empleadas en carpintería y ebanistería.
- -Maderas de contracción media: $0.35\% < V < 0.55\%$. Se trata de maderas de construcción.
- -Maderas de fuerte contracción: $0.55\% < V < 1\%$. Se trata de maderas muy nerviosas, empleándose en medios de humedad constante.

Las variaciones de volumen expuestas anteriormente, no son suficiente, en general, para darse cuenta de la complejidad de los fenómenos que intervienen en el movimiento de la madera y que tienen como resultado las variaciones lineales de sus tres dimensiones: axial, tangencial y radial, con contracciones muy diferente para cada una, como consecuencia de ser la madera un material anisótropo.²⁸

28 www.geocites.com/cokevilchez/madera.htm

En el sentido longitudinal o de la fibra (axial) de la madera, el movimiento es muy pequeño, y en la práctica se considera nulo (0,1%), mientras que en el sentido radial el movimiento puede variar entre un 4,5 y un 8%.

CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA SEGÚN EL PORCENTAJE DE HUMEDAD

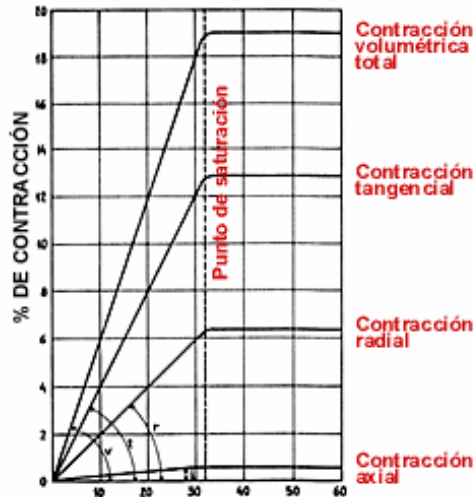


Figura 16. Contracción volumétrica de la madera en función del contenido de humedad.²⁹

Por el contrario, en el sentido tangencial (anillos anuales), la contracción es en general de 1,5 a 2 veces mayor que en el sentido radial. Esta diferencia de contracciones, según los sentidos radial y tangencial, es una de las causas de las deformaciones y fendas que se producen durante el proceso de secado. Existen algunas clases de madera en las que las contracciones radial y tangencial son prácticamente iguales. Estas maderas, aun con una fuerte contracción, si se desecan con cuidado no se deforman; son las maderas de ebanistería por excelencia (caobas, etc.). La contracción volumétrica debido a las variaciones lineales de sus tres dimensiones (que representan el volumen contraído de la unidad), viene expresada por la siguiente fórmula:

$$B\% = 100 * ((1 + L/100) * (1 + R/100) * (1 + T/100) - 1)$$

Siendo:

L la contracción lineal longitudinal o axial.

R la contracción lineal radial.

T la contracción lineal tangencial.

Es por consiguiente de gran interés conocer la cuantía de las contracciones lineales, medidas que se calculan en la mayoría de los laboratorios dedicados al estudio de las propiedades de la maderas. Las formulas que para ello se emplean, análogas a la ya conocida para calcular la contracción volumétrica total son:

$$L\% = \frac{L_s - L_0}{L_0} \quad R\% = \frac{R_s - R_0}{R_0} \quad T\% = \frac{T_s - T_0}{T_0}$$

²⁹ www.geocites.com/cokevilchez/madera.htm

Siendo:

L_s , R_s , T_s las longitudes axial, radial y tangencial de la madera en estado de saturación.

L_o , R_o , T_o las longitudes axial, radial y tangencial de la madera en estado anhidro.³⁰

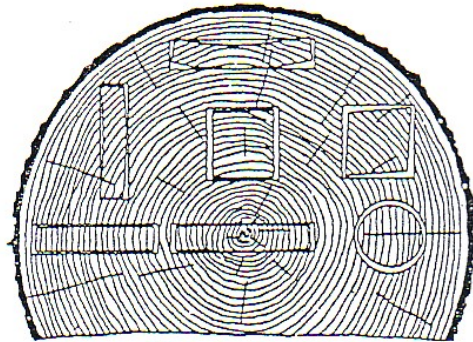


Figura 17. Sección transversal del tronco para ver las deformaciones de una tabla recta simétrica.³¹

Las contracciones de una tabla recta simétrica, según su corte pueden ser: curvatura de canto, curvatura de plano, acanaladura y alabeo, ésta última viene dada por la diferencia entre las contracciones radiales y tangenciales. El movimiento es más acusado en la madera de la periferia del tronco que en la del corazón por ello las tablas tienden a curvarse hacia la albura, ya que ésta es la que absorbe mayor cantidad de agua. En el dibujo de la figura mostramos las deformaciones de una tabla recta simétrica.³²

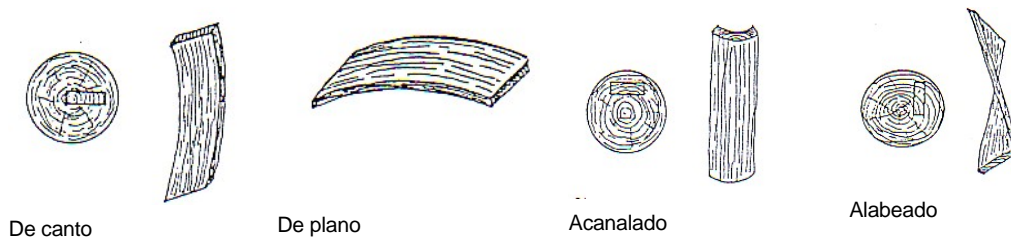


Figura 18. Deformaciones de una tabla recta simétrica.³³

2.3.3. PESO ESPECÍFICO:

Por definición podemos decir que:

$$\text{Peso específico} = \text{Peso} / \text{Volumen}$$

Al ser la madera un material poroso podemos considerar o no los poros para determinar el peso específico. Dada esta naturaleza porosa y las variaciones de peso y volumen, en función del contenido de humedad, hay que especificar las condiciones en que se verifican las medidas del peso específico. Si consideramos los poros contemplamos el volumen aparente y obtenemos el peso específico aparente. Mientras que si consideramos solo la masa leñosa, deduciendo el volumen de los poros, obtenemos el peso específico real.

30 www.geocites.com/cokevilchez/madera.htm

31 CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos...p. 25

32 CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos...pp. 25-26



Se establecen como puntos de comparación los valores de 0% y 12% de humedad. Al primero se llama peso específico anhidro y al segundo es la humedad normal H según normas internacionales.

El peso específico de la pared celular (peso específico real, sin considerar los poros), es prácticamente constante en todas las especies y es del orden de 1,55gr/cm³. Este es el límite, máximo teórico, que podría alcanzar una madera, en la que los huecos celulares los hubiese reducido a cero. Las diferencias entre las maderas se deben pues a la mayor o menor proporción de dichos huecos.³⁴

$$P_{\text{real}} = P/V_{\text{real}}$$

Dado que puede variar mucho el contenido de humedad, el agua puede hacer variar el peso específico. Como el contenido de agua nos hace variar el volumen, también nos cambia el peso específico. Por todo ello el peso específico debe referirse siempre, si es posible a la humedad del 12% aceptada internacionalmente. Esto no quiere decir que siempre tengamos que hacer el cálculo con maderas con el 12% de humedad, sino que podemos hacerlo con cualquier humedad y referirlo después al 12% mediante la formula siguiente:

$$P_{12} = P_h - (h - 12) \cdot P_h \cdot (1 - V/100)$$

Siendo:

P_{12} el peso específico aparente con 12% de humedad.

P_h el peso específico para una madera con el h% de humedad.

V el coeficiente de contracción volumétrica.

A la variación del peso específico, cuando la humedad varía un 1% se le denomina higroscopicidad.

$$h = (1 - V) \cdot P_e / 100$$

Siendo V el coeficiente de contracción volumétrica.

33 CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos...p. 25

34 www.geocites.com/cokevilchez/madera.htm



El conocimiento del peso específico aparente (considerando los poros) es muy importante pues en función de este valor podremos hacernos una idea aproximada de su comportamiento físico-mecánico. Si su valor es alto, significa que hay pocos poros y mucha materia resistente.

$$Pe_{ap} = P/V_{ap}$$

En la madera se puede relacionar, aunque no linealmente, el peso específico aparente con su capacidad resistente. El peso específico aparente varía en función de la zona donde se encuentren los árboles. Así en las zonas templadas, los árboles presentan una densidad heterogénea, no siendo constante dentro de una misma especie, de modo que su peso específico aparente puede variar según el origen o procedencia del árbol y según la zona del tronco en que se tome la probeta. No ocurre lo mismo en las zonas tropicales donde esta heterogeneidad es menos acusada, pues al carecer de anillos de crecimiento su estructura es más homogénea y varía menos el peso específico aparente en los árboles de una misma especie. Otro factor que influye en el peso específico aparente es la edad del árbol, de modo que a mayor edad mayor es el peso.³⁵

35 CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos...p. 25

2.4. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA:

La resistencia mecánica de una pieza de madera varía sensiblemente según el grado de humedad que ésta contenga. De esto surge que la resistencia a un esfuerzo dado es función del grado de humedad de la madera y que, como consecuencia, la resistencia considerada no puede definirse con exactitud sino con respecto a un grado de humedad determinado. Es necesario referir los resultados de los diferentes ensayos a un mismo contenido de humedad, y es el que ya mencionamos de un 12%.

Es importante también la dirección que presenten las fibras con respecto a la dirección del esfuerzo que esté soportando. El comportamiento de la madera no puede ser el mismo, pues, como sabemos se trata de un material fibroso, con una disposición orientada de sus elementos que hace que se comporte como anisótropo.

También veremos que su densidad va a influir directamente en el comportamiento mecánico de las maderas de las distintas especies.

Así pues, y tras ver los principales factores que influyen en la resistencia mecánica de las maderas vamos a ver como se comporta frente a las principales sollicitaciones mecánicas:

2.4.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

El gráfico muestra claramente cual es la influencia del contenido de humedad de una madera, cuando la sometemos a un esfuerzo de compresión.

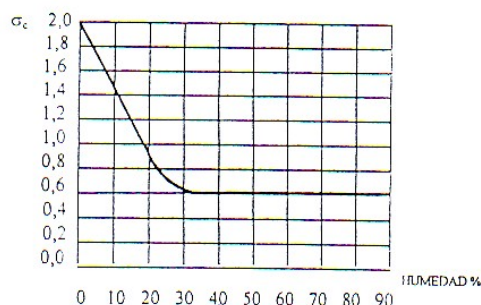


Figura 19. Influencia del contenido de humedad en una madera sometida a compresión.³⁶

Vemos que a partir de un contenido de humedad del 30% (punto de saturación), la resistencia a compresión permanece constante, mientras que si esta decrece, la resistencia aumenta.

La resistencia de una madera ensayada a compresión es máxima cuando se realiza en la dirección paralela a la de las fibras y va siendo menor a medida que nos alejamos de dicha dirección.

En dirección axial tendremos los valores máximos de resistencia a compresión, pues los haces fibrosos resistentes actúan a modo de columnas. Como promedio general puede decirse que la resistencia a compresión paralela a las fibras es entre 15 y 17 veces mayor que en la dirección normal a las fibras. La otra dirección en que puede actuar el esfuerzo es en dirección normal a las fibras. En este caso la resistencia es mínima pues las fibras, que son huecas, se aplastan bajo la carga.

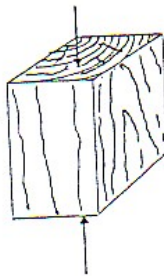


Figura 20. Probeta ensayada a compresión según la dirección de las fibras.³⁷

Influye en los valores de resistencia que se obtengan de los ensayos, el ángulo con que actúe el esfuerzo en relación con los anillos, y difieren también si se trata de coníferas o frondosas por la presencia o ausencia de vasos.

Si sometemos la probeta a un ensayo, primero veremos que las fibras se compactan, y luego se produce una gran deformación que continúa aún sin que aumente la carga.³⁸

Factores que influyen en la resistencia a la compresión:

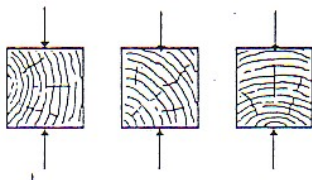


Figura 21. Probeta ensayada a compresión según la dirección normal a las fibras.³⁹

-Inclinación de las fibras: El efecto de reducción de la resistencia por la misma es bastante menor que en la tracción.

-Densidad: Existe una relación lineal, pudiéndose considerar que a mas densidad mas resistencia.

-Humedad: La influencia es prácticamente nula por encima del punto de saturación de las fibras y a partir de dicho punto aumenta la resistencia al disminuir la humedad. Entre el 8 y el 18% de humedad, se considera que la variación es lineal.

-Nudos: Su influencia es menor que en la tracción.⁴⁰

-Constitución química: Las maderas con mayor cantidad de lignina, como las tropicales, resisten mejor a la compresión. Las bolsas de resinas no tienen influencia, pero como hacen aumentar el peso específico hace que baje la cota de calidad.

37 CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos...p. 29

38 CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos...pp. 28-30

39 CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos...p. 29

40 www.geocites.com/cokevilchez/madera.htm

La norma UNE clasifica las maderas, según la resistencia unitaria C a la compresión axial en Kp/cm^2 , en maderas de pequeña resistencia a compresión, para valores inferiores a 350 en las resinosas, e inferiores a 450 en las frondosas. Considera como maderas de mediana resistencia a compresión, aquellas que poseen valores comprendidos entre 350 y 450 en las resinosas y entre 450 y 750 en las frondosas. Y por último diferencia las maderas con gran resistencia a compresión, para aquellas que obtengan valores superiores a 450 en las resinosas y superiores a 750 en las frondosas.

2.4.2. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN.

La madera es muy indicada para trabajar a tracción, siempre que el esfuerzo actúe paralelo a las fibras. Esta resistencia será mínima cuando el esfuerzo sea perpendicular a las fibras. En cuanto a la humedad que ésta contenga caven las mismas indicaciones que se hicieron al hablar de la resistencia a compresión.

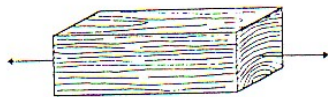


Figura 22. Madera ensayada a tracción.⁴¹

La estructura fibrosa de la madera explica la particularidad de ser más resistente a tracción que a compresión. La forma alargada y hueca de las fibras hacen que a compresión sus paredes sufran cierto pandeo hasta que toda la pieza se desliza finalmente bajo la carga máxima, según los planos de tensiones máximas. En cambio, durante la tracción no ocurre así, pues toda la madera, como un conjunto de haces de fibras, actúa hasta que algunas comienzan a desgarrarse bajo este esfuerzo.

Las deformaciones por compresión y por tracción son también diferentes. En el primer caso la madera se comprime apreciablemente cuando alcanza la carga máxima. En cambio, a tracción, la rotura aparece de golpe, con muy escasa deformación plástica. En otros términos, la madera se comporta como un material relativamente tenaz a la compresión y frágil a la tracción. Este comportamiento puede apreciarse en la figura construida con datos de un ensayo determinado con esfuerzos actuante en el sentido de las fibras.

Si el esfuerzo actuase en dirección normal a las fibras, veríamos que lo único que se opone al esfuerzo es la lignina que une las fibras y los vasos por sus generatrices; como esta soldadura de lignina no es apta para soportar los esfuerzos de tracción, las fibras se separan con poco esfuerzo. Resulta una resistencia muy baja, que no dependerá de la densidad sino de su composición, es decir, de la cantidad de lignina que contenga la madera que estamos ensayando.

41 CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos...p. 31.

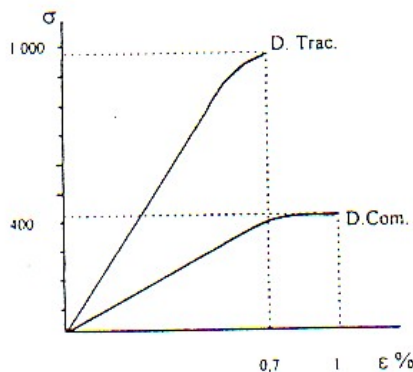


Figura 23. Gráfico tensión-deformación de la madera.⁴²

Ha quedado claro entonces que la madera es apta para trabajar a tracción en la dirección paralela a las fibras, existiendo, sin embargo, un problema, que es como transmitir ese esfuerzo a la pieza, por la difícil conexión que tiene, apareciendo esfuerzos de corte o compresión, ejercidas por las uniones o mordazas que la sujetan.⁴³

Factores que afectan a la resistencia a la tracción:

-Humedad: La resistencia a la tracción paralela a la fibra aumenta de forma más o menos lineal desde el punto de saturación de las fibras hasta el 10%, con un aumento del 3 % por cada disminución de humedad del 1%. Entre el 8 y el 10% de humedad existe un máximo, a partir del cual disminuye ligeramente.

-Temperatura: El efecto de la temperatura es menor en la tracción paralela, que en otros tipos de esfuerzos.

-Nudos: Los nudos afectan enormemente frente a este esfuerzo, ya que la desviación de fibras alrededor del nudo tiene gran influencia en la resistencia. Así, pequeños nudos, que reducirían la resistencia a compresión en un 10%, lo haría en un 50% en el caso de tracción. Los nudos dan lugar, también, a una distribución irregular de las tensiones.

-Inclinación de la fibra: Se puede decir que la resistencia a la tracción se ve mucho más afectada que la resistencia a compresión con igual inclinación de las fibras. Un ángulo de 15° reduce la resistencia a la tracción a la mitad y si el ángulo es de 30° la resistencia es de 1/5 de la que tendría si el esfuerzo fuese paralelo a la fibra.

Según los valores obtenidos en el ensayo de tracción, al 12% de humedad, las maderas se clasifican en los siguientes grupos en función de su resistencia a la tracción: resistencia pequeña, si es menor de 25Kp/cm², resistencia media, si está comprendida entre 25 y 45Kp/cm² y resistencia grande, si es mayor de 45Kp/cm².⁴⁴

42 CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos...p. 31.

43 CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos...pp. 31-32.

44 www.geocites.com/cokevilchez/madera.htm

2.4.3. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN:

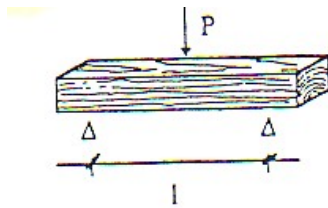


Figura 24. Ensayo de resistencia a flexión, según la dirección de las fibras.

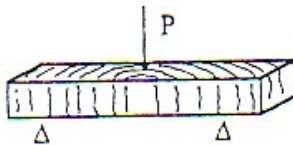


Figura 25. Ensayo de resistencia a flexión según la dirección normal a las fibras).⁴⁵

La resistencia a la flexión varía según la dirección de las fibras y anillos, con respecto a la dirección en que actúa la carga. Será máxima cuando la carga actúe en dirección perpendicular a las fibras, y mínima cuando actúe en sentido paralelo a las fibras.

Cuando un elemento estructural trabaja a flexión, las fibras superiores están trabajando a compresión y las inferiores a tracción, para transmitir la carga a los apoyos. En la zona media no se producirá ni esfuerzo de compresión ni de tracción. Es una zona en la que estos esfuerzos tienen valor prácticamente cero, es la zona neutra, donde aparece el esfuerzo de corte. La rotura puede producirse por los siguientes efectos:

- Por aplastamiento de la madera en la zona superior, debido a compresiones.
- Por rotura de la madera en la zona inferior, debido a las tracciones.
- Por un efecto de deslizamiento entre las capas horizontales, debido al esfuerzo tangencial.

Otro factor a tener en cuenta a la hora de diseñar una viga de madera será la flecha. Es necesario aumentar el canto de la pieza para conseguir una mayor rigidez.⁴⁶

Influencias que afectan a la resistencia a la flexión:

-Inclinación de la fibra: Es muy similar a la de la resistencia a la tracción. La disminución de resistencia a flexión y tracción se hace apreciable a partir de una inclinación de 1/25 mientras en compresión lo es de 1/10, y en el corte apenas si tiene influencia.

-Contenido de humedad: La resistencia a la flexión tiene un máximo para un grado de humedad del 5%, disminuyendo la resistencia desde dicha humedad hasta el P.S.F. La variación entre el 8 y el 15% se puede considerar lineal.

⁴⁵ CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos...p. 33.



-Temperatura: La resistencia a la flexión decrece al aumentar la temperatura; este crecimiento aun es mayor al aumentar la humedad.

-Nudos y fendas: La influencia de los nudos varía según su posición siendo mayor cuanto mayor sea el momento flector; y tiene más influencia si está en la zona traccionada que en la comprimida. Resumiendo, su influencia es mayor cuanto mayor sea la tensión a la que está sometida la zona que ocupa y como las tensiones de tracción son más intensas y sufren más, por los nudos, que las de compresión, su influencia es mayor a las tensiones de tracción.

-Fatiga: La resistencia a la flexión disminuye al aumentar el tiempo de carga, reduciéndose, al cabo de los años, en porcentajes el 50 al 75% respecto a la resistencia en un ensayo normal de flexión estática.⁴⁷

2.4.4. DUREZA:

Es una característica que depende de la cohesión de las fibras y de su estructura. Se manifiesta en la dificultad que opone la madera de ser penetrada por otros cuerpos, ya sean clavos, tornillos u otros elementos, o a ser trabajada con el cepillo, la sierra o el formón.

La dureza depende de la especie, de la zona del tronco que vayamos a emplear y principalmente de la edad. En general suele coincidir que las más duras son las más pesadas. Así podemos señalar que es más dura la madera del duramen que la de la albura, así como la madera seca presenta una mayor resistencia que la madera verde. También cuanto más fibrosa sea una madera más duras son, siendo menos resistentes las maderas más ricas en vasos.

Además cuando queramos trabajar la madera siempre es recomendable las maderas más duras ya que se pueden pulir mejor.⁴⁸

46 CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos...pp. 33-34.

47 www.geocites.com/cokevilchez/madera.htm

48 www.geocites.com/cokevilchez/madera.htm

2.5. CAUSAS DE DESTRUCCIÓN DE LAS MADERAS.

Las perturbaciones de la madera provienen en gran parte porque se trata de un ser vivo. Estas perturbaciones pueden afectar a su valor estructural o estético, y en cualquier caso se trata casi siempre de una serie bastante amplia de factores negativos que la desmerecen aunque no todos en la misma proporción. La importancia en muchos casos estará en función del uso al que la madera está destinada y al tipo de esfuerzo a que está solicitada.

A la hora de analizar las causas de la destrucción de la madera, podemos distinguir dos grupos de causas según el momento de su aparición, que puede ser antes de poner la madera en obra o cuando ya se encuentra en funcionamiento. Al primer grupo le denominaremos deterioros de la madera ocurridos durante el crecimiento del árbol, y al segundo grupo lo englobaremos en patologías y agentes destructores de la madera.⁴⁹

2.5.1. DETERIOROS DE LA MADERA DURANTE EL CRECIMIENTO DEL ÁRBOL.

Las causas de deterioro de la madera son exclusivas de esta material y se derivan directamente de la constitución físico-química del mismo. Se trata de patologías que se pueden encontrar con

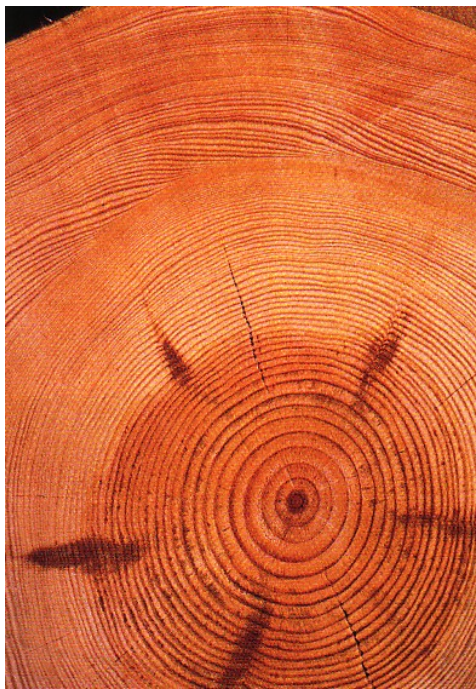


Figura 26. Crecimiento cambial anómalo.⁵⁰

independencia de la función que tenga la madera en la obra. Estas causas son directas y están íntimamente relacionadas con las tecnologías de plantación, extracción y manipulación de este material.

Para que una madera sea buena debe presentar las siguientes características:

- Fibras restas y uniformes.
- Anillos anuales regulares.
- Olor fresco.
- Superficie sedosa y brillante en los cortes al hilo.
- Ausencia de grietas, fendas, vacíos y manchas.

Si nos hallamos ante una madera con atributos opuestos, puede tratarse de una enfermedad o de un defecto natural de la misma, entendiendo por tal, tanto al que se desarrolla en el árbol vivo como el que aparece tras la tala y que puede significar la inutilización de la

49 CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos...p. 65.

50 GARCÍA ESTEBAN, L., et al, La madera y su...p. 22.

madera. Los defectos de crecimiento de la madera son alteraciones en la uniformidad que provoca el ambiente natural donde crece el árbol. Estos defectos pueden causar dificultades de trabajo, alabeos o revirados que afectan en especial a la tecnología de su aprovechamiento forestal. Entre los defectos más importantes que pueden surgir en edificación podemos señalar:



Figura 27. Nudo muerto.⁵¹

Nudos: “Entendiendo por tal la anomalía local de la estructura de la madera, producida por una rama de un tronco que va quedando englobada en el mismo, a medida que se producen los sucesivos crecimientos de éste”.⁵³ Los nudos son anomalías que alternan la dirección y la continuidad de las fibras y su importancia dependerá del sitio en que se presenten. Cuando se presenten en una pieza que trabaja a compresión, no le afectará mucho su presencia si ésta es larga, mientras que si trabaja a tracción, si se verá influenciado, pues el nudo supone una falta de continuidad de la fibra. A flexión, le afectan más en las zonas de tracción que en las de compresión por las consideraciones anteriores, y en el esfuerzo de corte no tiene prácticamente ningún efecto.

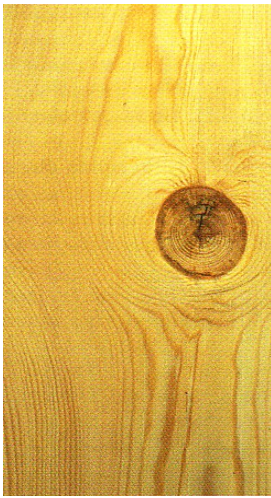


Figura 28. Nudo vivo.⁵²

Se pueden distinguir las siguientes clases de nudos:

- Nudo vivo: Es el producido por una rama viva.
- Nudo muerto: Es el producido por una rama muerta.
- Nudo interior o cubierto: Es el formado por una rama rota o cortada, que ha quedado en el interior del tronco, completamente cubierta por las nuevas capas de madera.

Excentricidad del corazón: Es el crecimiento radial no uniforme que provoca diferente anchura de los anillos anuales según los sectores del tronco de los árboles situados en pendientes o cerca de rocas.

Fibra entrelazada: Se trata de un entrenzado irregular de las fibras, que crecen en sentido helicoidal y comprometen el trabajo y la protección superficial de la pieza, pudiendo favorecer su alabeo.

51 GARCÍA ESTEBAN, L., et al, La madera y su...p. 44.

52 GARCÍA ESTEBAN, L., et al, La madera y su...p. 44.

53 CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos...pp. 66-67.

Fibra revirada: “Es la madera cuyas fibras en vez de seguir la dirección del eje del árbol, están dispuestas en forma de hélice”⁵⁴. Esto se debe al excesivo crecimiento de las fibras periféricas con relación a las interiores o puede deberse a que un árbol tenga sus raíces en un terreno impermeable y en otro profundo y fértil. Esta madera solo sirve para pilotes, postes y pilares.



Figura 29. Lupia en el tronco de un pino.⁵⁵

Lupias y verrugas: “Las lupias son las excrescencias del tronco de forma globosa y superficie lisa, constituida por madera de fibras entrelazadas irregularmente”⁵⁶. Se le confunde algunas veces impropriamente con las verrugas, pero no es lo mismo ya que éstas últimas son protuberancias leñosas, de origen diverso, producidas en el tronco o ramas de los árboles, que dan lugar a una alteración de la estructura leñosa, y por consiguiente, a madera de fibras entrelazadas alrededor de pequeños ejes de crecimiento

Irregularidades en el ancho de los anillos: Pueden ser distribuciones en formas más abundantes o en formas alabeadas. Son consecuencia de heladas, falta de aire, sol...

Entrecorteza o entrecasco: “Es el defecto de la madera que consiste en tener, en su interior, un trozo de corteza”.⁵⁷ Su consecuencia más grave estriba en ser posible foco de posteriores infecciones, además de afectar a la resistencia de la madera.

Defectos del corazón: Los defectos de corazón suelen ser signo de la vejez del árbol, ya que como la albura se va lignificando, el corazón (porción más lignificada) puede estarlo tanto que se agriete, con el consiguiente perjuicio del duramen.

Entrealbura o doblealbura: “La albura, como es sabido, se lignifica con el tiempo pasando a ser duramen. Ahora bien, si debido a una fuerte variación climatológica se produce la muerte local de una zona de capas exteriores de un árbol, dicha zona no se lignificará posteriormente, con lo que quedará incluida en el duramen una porción de albura que al ser apeado el árbol y ser seccionado,

54 CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos...p. 67.

55 GARCÍA ESTEBAN, L., et al, La madera y su...p. 29.

56 CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos...p. 68.

*cambiará de color (modo de reconocimiento) y se pudrirá, pudiendo afectar dicha pudrición al resto de la pieza. De ahí su gravedad”.*⁵⁸

Alburosidad: Este defecto consiste en un exceso de albura, como consecuencia de una lignificación más lenta de lo normal. Se suele dar en aquellos árboles plantados en terrenos muy húmedos o pantanosos, que crecen con gran rapidez.

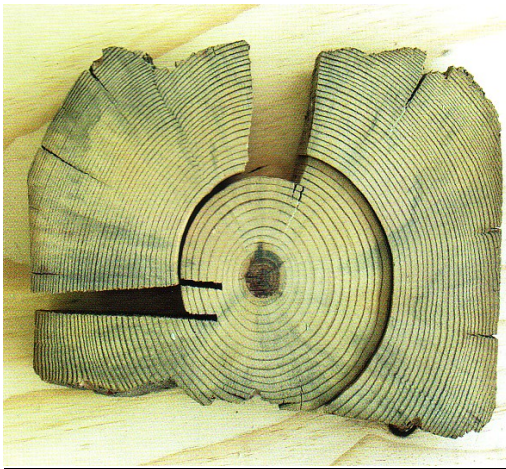


Figura 30. Acebolladura.⁵⁹

Colaña o acebolladura: Este defecto consiste en una falta de adherencia entre los anillos en alguna zona del árbol. Es, en consecuencia, muy poco resistente y poco apta tanto en escuadrias como en rollizos.

Bolsa de resina: Se presenta en forma de cavidad alargada, en el interior de la madera, conteniendo resina. Es un defecto que no se percibe al aserrarlas y si presenta muchas de ellas, afecta a la resistencia de la madera.

Fendas: *“Las fendas son grietas longitudinales producidas por desecación o por heladuras”.*⁶⁰

2.5.2. PATOLOGÍAS Y AGENTES DESTRUCTORES DE LA MADERA.

La madera de construcción y carpintería puesta en servicio, está expuesta a diversos tipos de ataque causados por distintos agentes de deterioro. Estos agentes pueden ser: agentes abióticos y agentes bióticos. En muchos casos la acción de estos agentes es complementaria, actuando de forma inicial los abióticos facilitando la acción posterior de los de tipo biótico.

Entre los agentes abióticos de la madera de construcción puesta en obra, se citan como de mayor interés: el agua, el fuego, el sol y los cambios bruscos de temperatura; mientras que entre los de tipo biótico son los hongos e insectos xilófagos los de mayor importancia.

57 CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos...p. 69.

58 CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos...pp. 69,70.

59 GARCÍA ESTEBAN, L., et al, La madera y su...p. 39.

60 CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos...p. 71.120



En algunos casos de construcciones con madera puesta en contacto con el agua marina, se deben citar ciertos xilófagos marinos. También, aunque de escasa importancia existen ciertas bacterias.⁶¹

En resumen podemos señalar:

DESTRUCTORES DE LA MADERA:

AGENTES ABIÓTICOS:

Agua.

Sol.

Cambios bruscos de temperatura.

Fuego.

AGENTES BIÓTICOS:

Hongos:

Cromógenos.

Xilófagos.

Insectos:

Ciclo larvario.

Sociales.

2.5.2.1. AGENTES ABIÓTICOS DE DETERIORO:

Aqua: Ya hemos visto con anterioridad que en el árbol, el agua desempeña un papel fundamental como vehículo de transporte de las materias nutrientes. Pero una vez el árbol ha sido apeado y convertido en madera, el contenido del agua es muy peligroso ya que su presencia propicia el ataque de numerosos agentes degradadores.

Recordemos otra vez que la madera pierde el “agua libre” por evaporación natural a través de poros y testas. Para conseguir que pierda el “agua de impregnación” es necesario almacenarla en pilas ventiladas y a ser posible a cubierto. Podemos llegar así hasta el “punto de equilibrio”. Para bajar aún más el grado de humedad y dejarlo en torno al 8-12%, es necesario someterla a tratamientos en secaderos.

En este punto, la madera está en las mejores condiciones para trabajarla, pero hay que procurar que no vuelva a recuperar la humedad, ya que inmediatamente aparecerán los fenómenos de hinchazón de la madera, capaces de arruinar cualquier trabajo por bien hecho que está. Además entre el 8-12% de humedad, no se producen ataques de agentes xilófagos, mientras que en el

61 ARGÜELLES ÁLVAREZ, R., et al, *Curso de construcción en madera*, Madrid, Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, 1988, p. 205.

margen comprendido entre el 12 y el 45%, tienen lugar la mayoría de dichos ataques, tanto de hongos como de insectos. Como resumen de todo lo comentado, la presencia del agua es peligrosa para la madera en tres aspectos fundamentales:

Estabilidad dimensional: La absorción y pérdida de agua produce movimientos de hinchazón y retracción que dañan los trabajos de carpintería.

Agentes destructores: Entre el 12 y el 45% de humedad, se desarrollan todos los ataques de agentes xilófagos sea tanto de hongos como de insectos, que se alimentan de las materias nutritivas contenidas en la madera.

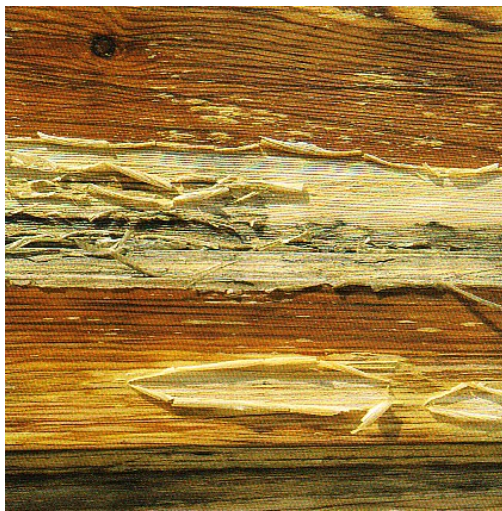


Figura 31. Degradación sufrida por los barnices peculiares aplicados sobre madera a la intemperie.⁶²

Acabados exteriores: Si las maderas con un alto contenido de humedad son recubiertas por un barniz peculiar tradicional, rígido y sumamente impermeable, cuando el agua que está en el interior de la madera quiera salir (por ejemplo en forma de vapor al calentarse por efecto de la radiación solar), destruirá esta capa de barniz, dejando un aspecto desastroso en la superficie. Lo curioso es que todo el mundo suele comentar “mal resultado de la madera”, pero nadie culpa al barniz que se aplicó. La madera por debajo del barniz deteriorado, sigue en perfectas condiciones, aunque terminará destruyéndose por no tener en la superficie el protector adecuado.⁶³

Sol: En nuestro país, el Sol es sin duda el peor enemigo de la madera situada en exteriores y, en general, de la madera de construcción, ya que la mayoría de los trabajos realizados con este material, sean ventanas, pérgolas, puertas de entrada, mobiliario urbano, etc..., están expuestos a su acción. Lógicamente las maderas en el interior de los edificios, al no estar expuestas a estos riesgos, no necesitan de un tratamiento especial, y pueden ser acabadas con los barnices de tipo tradicional.

62 MORALES MÉNDEZ, E. (Cord.), *I Curso de construcción en madera*, Sevilla, Colegio Oficial de Arquitectos de Andalucía Occidental, 1991, p. 164.

63 MORALES MÉNDEZ, E. (Cord.), *I Curso de construcción....*, .pp. 147-148.

De las muchas radiaciones emitidas por el sol, las que más afectan a la madera son la radiación ultravioleta y la radiación infrarroja. Como es lógico, ambas actúan conjuntamente, pero su efecto es muy diferente. A continuación vamos a comentar cada uno de los efectos que provocan estas radiaciones.

Radiación ultravioleta: Esta radiación quema las células de la superficie de la madera, pero sin calentar la misma. El efecto que produce, es un agrisamiento y desescamado, más acentuado en las maderas rojas tales como la teka y en general las maderas exóticas. La radiación ultravioleta es reflejada por los tonos marrones y oscuros del espectro, propiedad que se utiliza para proteger a la madera mediante la aplicación de una pigmentación superficial.



Figura 32. En nuestro país el Sol es uno de los agentes más nocivos para la madera.⁶⁴

Radiación infrarroja: Al contrario que la anterior, esta radiación calienta la superficie de la madera, pero sin quemarla. Produce la evaporación del agua contenida en las células de la superficie, originando tensiones en el interior de la madera, que producen fisuras y grietas, combinada con alabeos. El efecto de la radiación infrarroja es reflejado por los tonos claros del espectro.⁶⁵

Cambios bruscos de temperatura: Los cambios bruscos de temperatura, rápidos en el tiempo, no pueden ser seguidos por la madera en ocasiones. Así, tras un periodo de dilatación puede sobrevenir de inmediato otro de contracción, no pudiendo adaptarse la madera debidamente, lo que supone la posibilidad de originarse fendas, las que a lo largo del tiempo pueden ser causa de gran deterioro en las características resistentes de los elementos constructivos de la madera. Por otro lado, la aparición de fendas en la madera, supone la creación de puertas de entrada a diversos agentes bióticos xilófagos, ya sean hongos o insectos, que pueden ser causa de su total destrucción posterior.⁶⁶

Fuego: La combustión de la madera es mayor cuanto menor es su densidad y grado de humedad, y provoca, inicialmente, la carbonización de las capas externas.

⁶⁴ www.arteyfotografia.com

⁶⁵ MORALES MÉNDEZ, E. (Cord.), *I Curso de construcción...* pp. 148-149.

⁶⁶ ARGÜELLES ÁLVAREZ, R., et al, *Curso de construcción...* p. 207.

Debido a sus bajos coeficientes de dilatación y de conductividad térmica y al efecto aislante que suma la capa carbonizada, el interior o núcleo de la pieza es capaz de mantener sus facultades mecánicas. Al contrario de lo que ocurre con el acero, la madera mantiene en pie un edificio mientras tenga una sección mecánica suficiente, lo que suele dar tiempo a la evaporación y a la extinción en muchos casos. Esto se debe a que la velocidad de combustión es de unos 4 a 5 cm/hora y esto, unido a los coeficientes de seguridad que llevan a sobredimensionar las estructuras de la madera, garantizan su resistencia al fuego durante un tiempo suficiente. El proceso de pirolisis comienza a partir de los 250° C y la mayoría de las maderas entran en combustión cuando se alcanzan los 300° C.



Figura 33. Madera afectada por un incendio⁶⁷

Cuando la combustión es incompleta, por lo general por falta de oxígeno suficiente, el proceso puede continuar sin llama, deshidratándose la celulosa y formando carbón vegetal. Esta situación suele darse en elementos de madera ocultos y es peligrosa porque permite la permanencia larvada de un incendio y su posterior reanudación.

Finalmente cabe añadir que, considerando la velocidad de carbonización, la estabilidad dimensional y la poca pérdida de resistencia de la madera, es posible calcular las secciones adecuadas para cada especie con el fin de resistir la exposición al fuego durante determinados periodos de tiempo.⁶⁸

2.5.2.2. AGENTES BIÓTICOS DE DETERIORO.

Tal como se indicó anteriormente los hongos e insectos xilófagos son los principales agentes bióticos de deterioro de la madera puesta en obra. Juntos con estos también se citan los xilófagos marinos (moluscos y crustáceos) y con menor importancia, cierto tipo de bacterias que incrementan la permeabilidad de la madera a los líquidos favoreciendo la negativa acción de la humedad, y en ocasiones actuando conjuntamente con los hongos. En este apartado nos centraremos en los hongos e insectos xilófagos, principales agentes destructivos.

Los hongos: Estos agentes destructores de la madera son quizá menos conocidos que otros de defectos más espectaculares, como pueden ser los insectos, pero no por eso dejan de ser unos grandes destructores de la madera. Una primera clasificación de los hongos, según el esquema

⁶⁷ www.fondoescritorio.com

anterior, se establece en función del grado de destrucción que su ataque causa en la madera. Así distinguimos:

Hongos cromógenos: Son aquellos que dan origen a una coloración de la masa de la madera, causada por la refracción de la luz en las hifas del hongo. Generalmente no merman las propiedades físico mecánicas de la madera, pero deprecian, sobre todo desde el punto de vista decorativo ya que producen manchas. Entre las diversas especies de hongos cromógenos tan solo los denominados hongos del azulado, presentan cierta importancia en relación con la madera puesta en obra. El azulado afecta principalmente a la zona de albura de las maderas de coníferas. Su acción comienza con la aparición de unas manchas radiales que posteriormente tienden a ocupar toda la albura de la madera. La presencia de estos hongos es un indicador de que en la madera hay un alto contenido de humedad.

Hongos xilófagos: Son los hongos responsables de la destrucción total de la madera, ya que atacan a la celulosa o a la lignina de que está compuesta. Podemos clasificarlos en dos grandes familias: ascomicetos y basidiomicetos.

Ascomicetos: Son los responsables de la pudrición “blanca”. Destruyen más lignina que celulosa y el aspecto final que presenta la madera atacada es el de una masa amorfa y blanquecina, maloliente y de un color blancuzco (como un queso fresco). Los ataques se producen en maderas



Figura 34. Aspecto de una viga de madera atacada de pudrición cúbica.⁶⁹

que son humedecidas permanentemente (zonas de goteras o muros con humedades de capilaridad). Es muy frecuente este ataque en las cabezas de las vigas.

Basidiomicetos: Son los responsables de la pudrición “parda” o “cúbica”. Su alimento es la celulosa, y el resultado de su ataque, es una madera sin resistencia a ningún tipo de esfuerzo, y que se deshace en prismas paralelepípedos en las tres direcciones de los ejes coordenados. De ahí su calificativo de “cúbica”.

68 www.geocites.com/cokevilchez/madera.htm

69 MORALES MÉNDEZ, E. (Cord.), *I Curso de construcción*....p. 151.

Ciclo biológico de los hongos:

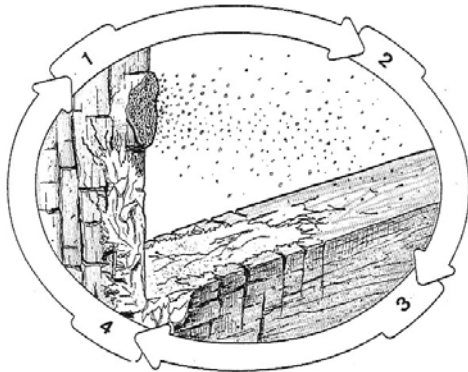


Figura 35. Desarrollo de un hongo xilófago.⁷⁰

- 1º) El aparato reproductor (generalmente lo que vemos al exterior en forma de seta), emite nubes de esporas.
- 2º) Estas esporas, transportadas por el viento, se depositan sobre madera, si esta tiene el grado de humedad adecuado, germinan, dando origen a otro hongo.
- 3º) El nuevo hongo se desarrolla y crece alimentándose de la madera gracias a sus hifas, que se van extendiendo por el interior de la misma.
- 4º) En un determinado momento de su desarrollo, crea el aparato reproductor, que sale al exterior para cumplir su función de lanzar al aire más esporas y dar origen a nuevos individuos.⁷¹

Los insectos: Entre los animales terrestres destructores de madera, los más importantes por el valor económico de los daños que originan, son los insectos. Según la clasificación de los agentes destructores hecha anteriormente, los insectos pueden clasificarse en los que se desarrollan por metamorfosis complicada (ciclo larvario), y los que se agrupan en grandes sociedades (sociales).

Insectos de ciclo larvario: Tiene una gran importancia por el gran número de especies repartidas por todas las zonas de la Tierra. Se desarrollan a partir de huevos depositados por insectos hembra adultos, que son puestos en el interior de la madera. De cada huevo nace una larva que inmediatamente comienza a comer madera, arrancando virutas con sus fuertes mandíbulas y separando las sustancias nutritivas (celulosa y otros azúcares), dejando un serrín característico que llena las galerías hechas en el interior de la madera.

Son muchas las especies de insectos de ciclo larvario, pero los más conocidos y comunes son las carcomas, todos ellos son insectos coleópteros, que realizan una metamorfosis en un momento determinado de su desarrollo, según el siguiente esquema.

70 MORALES MÉNDEZ, E. (Cord.), *I Curso de construcción*....p. 150.

71 MORALES MÉNDEZ, E. (Cord.), *I Curso de construcción*....pp. 149-150.

Ciclo vital de los insectos de ciclo larvario:

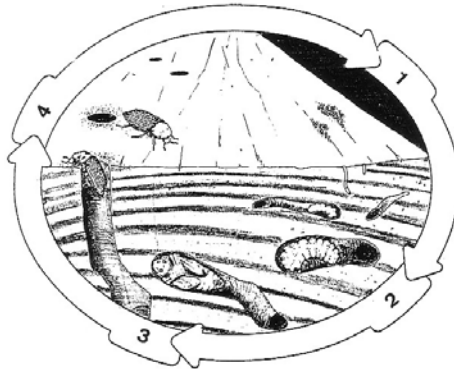


Figura 36. Ciclo biológico de las carcomas. ⁷²

1º) Una hembra adulta y fecundada, realiza la puesta de huevos aprovechando las grietas y orificios de la madera.

2º) De cada huevo sale una pequeña larva que inmediatamente empieza a comer madera, formando una galería.

3º) Al cabo de un tiempo (variable según las especies) se empupa para realizar la metamorfosis.

4º) Al cabo de algunas semanas, finalizada esta, sale al exterior formando los orificios de la superficie de la madera, y con el único fin de aparearse y continuar con la propagación del ataque.

En nuestro país son fundamentalmente tres los insectos xilófagos de estas características que nos podemos encontrar en las maderas de obras, tanto antiguas como nuevas. Son la denominada “Carcoma Grande” (*Hylotrupes Bajulus*), la “Carcoma Común” (*Annobium punctatum*) y la “Carcoma del Parquet” (*Lictus Brunneus*). La descripción de estos insectos sería muy extensa y no creo que sea motivo de este trabajo. Pero desde el punto de vista práctico y para facilitar la identificación en obra de los diferentes ataques, reflejaremos en el siguiente cuadro los principales elementos diferenciadores.

TIPO DE INSECTO	CICLO	ORIFICIO SALIDA	TEXTURA SERRIN
CARCOMA GRANDE DE LAS VIGAS (<i>Hylotrupes Bajulus</i>)	4 / 10 años	Ovalado con una medida de 8 - 10 cm. en el eje mayor	Amarillo, e impalpable (como polvo de talco)
CARCOMA COMUN DE LOS MUEBLES (<i>Annobium Punctatum</i>)	1 / 2 años	Circular de dos centímetros de diámetro	Blanquecino de textura granulosa.
CARCOMA DEL PARQUET (<i>Lictus Brunneus</i>)	1 año	Circular de 1 cm. de diámetro	Blanco / amarillento, y muy fino

Figura 37. Principales elementos diferenciadores en una madera atacada por carcoma. ⁷³

⁷² MORALES MÉNDEZ, E. (Cord.), *I Curso de construcción*....p. 152.

⁷³ MORALES MÉNDEZ, E. (Cord.), *I Curso de construcción*....p. 153.

Insectos Sociales: Los más importantes son las termitas que forman colonias con una organización social parecida a la de las abejas y las hormigas. En los termiteros hay una perfecta organización de castas y una distribución de tareas. Esto les permite ser sumamente eficaces en su trabajo (que no olvidemos que es la destrucción de la madera para alimentarse). Por ello, aunque cada insecto aislado es insignificante, organizados y trabajando en equipo, son el peor enemigo para la madera en la construcción.

Aunque en el mundo hay más de tres mil especies diferentes de termitas, en España solo tenemos dos tipos que se puedan considerar como plagas. La denominada “Reticulotermes Lucifugus, Rossi” extendida prácticamente por todo el país, y la “Criptotermes Brevis, Walker”, localizada en las Islas Canarias, y en algunos focos puntuales de Andalucía y Cataluña. La primera anda en el suelo, en termiteros subterráneos en zonas con humedad abundante (huerta, jardines, patios con pozos, etc...) y desde éstos, se desplaza por el subsuelo hasta los edificios de cuya madera se alimenta. La segunda anida directamente en la madera, en pequeños focos aislados.



Figura 38. Madera dañada por el ataque de termitas. Se aprecia la ausencia de serrín y las características láminas.⁷⁴

La forma de identificar un ataque de termitas y diferenciarlo de otro de carcomas, es que en un ataque de termitas nunca hay serrín ni galerías en el interior de la madera. Ésta presenta láminas de lignina con apariencia de hojaldre, y un detritus marrón parecido al barro, formado por restos de madera y tierra que las termitas llevan desde el terreno. Esta tierra húmeda les sirve como defensa contra el calor en zonas en que éste sea excesivo. Al final de la primavera las termitas adultas se pigmentan y salen al exterior para realizar el vuelo nupcial y dar origen a nuevos termiteros.⁷⁵

74 MORALES MÉNDEZ, E. (Cord.), *I Curso de construcción*....p. 155.

75 MORALES MÉNDEZ, E. (Cord.), *I Curso de construcción*....p. 152-156.

2.6. TRATAMIENTOS DE PROTECCIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA MADERA.

Conocidos los agentes destructores de la madera, tenemos que saber como protegerla, previniendo los posibles ataques y tomando las medidas adecuadas; y en el caso de encontrarse atacada deberemos poder curarla o consolidarla, siempre que el grado de destrucción lo permita.

2.6.1. FACTORES INCIDENTES EN LA DURABILIDAD DE LA MADERA:

Para mejorar la durabilidad de la madera, habrá que empezar a tomar precauciones desde que ésta se encuentra en el bosque, hasta que forma parte de un elemento constructivo o decorativo.



Figura 39. El apeo de madera es una operación de gran importancia a la hora de prevenir futuras patologías en la madera.⁷⁶

Una primera medida a adoptar para alargar la durabilidad de la madera, es la relativa al apeo de ésta, ya que la savia que contenga el árbol en su interior en el momento de su tala, facilita las alteraciones por descomposición y el ataque de por organismos destructoras. De modo que lo que interesa es cortar los árboles cuando la vida vegetativa se vea disminuida, ya que la circulación de savia será menor. Ésta época corresponde al invierno, y por este motivo en España las operaciones de apeo se suelen realizar en los meses comprendidos entre Octubre y Marzo.

Con independencia de la época en que se tale el árbol, es muy importante también eliminar en la medida de lo posible la savia que se encuentre en el interior de sus vasos. La forma de eliminarla consiste en el lavado interno de la madera que estemos tratando, de manera que disolvamos el mayor número posible de materias albuminoideas que contiene la madera. Esta operación recibe el nombre de desaviado y se puede ejecutar de dos formas: mediante lavado por agua (Lixiviación), y mediante vapor por agua (Vaporización). La lixiviación supone una duración de uno a tres meses dependiendo de la madera que se trate, mientras que la vaporización tiene una duración mucho más corta, y además tiene la ventaja de utilizar altas temperaturas, eliminando los insectos y hongos que se hubieran podido desarrollar en el árbol en pie o durante su almacenamiento.⁷⁷

La siguiente operación que debemos realizar con mucha precisión es la relativa al secado del árbol, ya que se trata de una medida fundamental para evitar futuras patologías como hemos

⁷⁶ www.stonek.com

señalado con anterioridad. Con la operación de secado se pretende eliminar la humedad que la madera pueda contener hasta llevar ese valor al que le corresponda en su posterior uso. Los objetivos que se pretenden al secar la madera son:

Estabilizarla, consiguiendo de esta forma que una vez la madera haya sido utilizada para un fin determinado, su movimiento sea inapreciable. Otra medida que logramos al secar correctamente la madera es evitar el progreso de hongos, ya que estos necesitan humedades superiores al 20% para su desarrollo. Además con el secado aumentamos la resistencia de la madera ya que a medida que disminuye el contenido de humedad aumentan sus propiedades mecánicas. Por último no debemos obviar que al secar la madera estamos acondicionándola para facilitar su encolado y acabado.

El secado se realiza evaporándose el agua contenida en las capas más superficiales, de modo que a su vez, las zonas subsiguientes cederán parte de su agua a las más secas, volviendo a evaporarse, y así sucesivamente.⁷⁸



Figura 40. Apoyo de pilares sobre una base de piedra para evitar el contacto directo de la madera con el suelo.⁷⁹

Una vez visto las precauciones que debemos tomar en la madera antes de su puesta en obra, para garantizar la durabilidad de la misma, ahora vamos a mencionar las precauciones necesarias que tenemos que adoptar una vez la madera haya sido puesta en servicio.

Uno de los principales focos para futuras patologías de la madera, como ya hemos mencionado anteriormente, es la presencia de humedad en la madera. Es por ello que debemos controlar aquellas zonas que con mayor frecuencia se vean afectadas por esta circunstancia. Así podemos señalar como zonas a extremar la precaución:

Piezas de madera próximas o en contacto con el suelo, como apoyo de pilares o forjados de techos de sótanos. En estos casos una medida para garantizar la protección de la madera, consiste en respetar una separación entre el suelo y la madera de unos 20 o 30cm, realizando el apoyo con un material que no sea poroso.

77 CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos...p. 100.

78 CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos...p. 101-104.

79 www.stonek.com

Encuentro de las piezas de madera con los muros de fábrica, como el apoyo de las cabezas de las vigas o de las piezas de armaduras de cubierta. La solución óptima para evitar daños en las cabezas de las vigas consiste en dejar una holgura alrededor de la parte que está empotrada en el muro para permitir la ventilación de la madera. Otras recomendaciones incluyen la disposición de materiales impermeables en su base de apoyo.

Lugares de paso de conducciones de agua, en baños y cocinas. Esta problemática tiene difícil solución, ya que se trata generalmente de instalaciones defectuosas de distribución de agua y saneamiento que producen fugas o condensaciones de agua que favorecen la pudrición de la madera. Además en la mayoría de casos se trata de edificios de cierta antigüedad donde las instalaciones sanitarias se han introducido con posterioridad a su origen y con diseño y calidad poco adecuados.



Figura 41. Otra fuente de riesgo en cubiertas es la pudrición de las cabezas de los pares.⁸⁰

Cubiertas. En las cubiertas existen una serie de zonas de riesgo importantes. Entre los fallos más corrientes se pueden citar: rotura o defecto del material de cobertura debido a la acción del viento, fallo de los elementos de fijación o falta de mantenimiento y limpieza de tejados que conduce a obstrucciones en las canalizaciones de desagüe. Todos estos defectos provocan entradas de agua que afectan a la tabla de ripia y a la armadura o piezas estructurales de la cubierta. También el agua puede escurrir por el faldón, hasta detenerse en la zona del alero, favoreciendo la pudrición de los apoyos de los pares de cubierta.

Otras fuentes de riesgo muy comunes en la zona de cubiertas son las debidas a defectos en los canalones con la consiguiente degradación de los aleros. También son frecuentes los fallos de impermeabilización en los encuentros de los faldones de cubierta con chimeneas o muros de mayor altura. En estos casos el agua escurrirá por sus paredes hasta afectar a la madera del suelo más próximo. Otra fuente de riesgo se da cuando la cubierta presenta una ventilación insuficiente, que permite la condensación de agua o el incremento del grado de humedad de la madera.

80 MORALES MÉNDEZ, E. (Cord.), *I Curso de construcción*....p. 151.

Carpintería exterior de ventanas y puertas de madera: Cuando la madera de la carpintería está en situación de exposición directa a la lluvia, se humedece pudiendo originarse pudrición si existe retención de agua. Otro lugar frecuente de retención de agua es la cámara de descompresión en el perfil de una ventana si ésta no dispone de los orificios de desagüe o se encuentran obstruidos.

Una vez enunciados los factores que influyen en la mayor o menor durabilidad de la madera, vamos a comentar los tratamientos protectores de la madera. Pero para aplicar los tratamientos necesarios a la madera, antes hay que realizar una evaluación de daños y a partir de ahí decidir las medidas a adoptar.⁸¹

2.6.2. EVALUACIÓN DE LA IMPORTANCIA DE LOS DAÑOS:

Para la determinación de los daños producidos en la estructura de madera de una construcción es preciso conocer su extensión e intensidad. Posteriormente y para evaluar los daños se emplean las técnicas de auscultación.



Figura 42. Colonia de termitas en pleno trabajo.⁸²

Extensión del ataque: Es la mayor o menor propagación de los daños en la madera de construcción. Este aspecto está ligado al tipo de agente causal, de tal forma que con la identificación del ataque es posible tener una aproximación del problema. De este modo podemos distinguir entre los ataques originados por termites, insectos de tipo larvario y hongos de pudrición. Las patologías que provocan ya se comentaron en el apartado anterior.

Intensidad del ataque: La intensidad del ataque en una pieza de madera viene definida por la profundidad y densidad de la degradación en una sección transversal y por la longitud en la que se presenta a lo largo de la pieza. Lógicamente dependerá de la antigüedad del ataque y existencia de reinfecciones sucesivas. Pero además puede relacionarse con el tipo de agente causal, ya que cada uno tiene una manera diferente de actuación.⁸³

Técnicas de auscultación: Las técnicas más empleadas en la estimación de los daños en la madera son generalmente sencillas y requieren un equipo mínimo. Se basan principalmente en la

81 ARGÜELLES ÁLVAREZ, R., et al, *Curso de construcción...*pp. 228-229.

82 MORALES MÉNDEZ, E. (Cord.), *I Curso de construcción...*p. 155.

83 ARGÜELLES ÁLVAREZ, R., et al, *Curso de construcción...*pp. 230-232.

inspección visual de la superficie, complementada con taladros y descubrimientos de zonas no visibles para determinar la profundidad del daño. Existen otros métodos no destructivos, apoyados en tecnología más sofisticada, como los sistemas vibráticos o de identificación de sonidos, que más adelante comentaremos, pero que su aplicación práctica es todavía escasa. Así pues podemos clasificar las técnicas de estimación de daños en:

-Procedimientos tradicionales: En primer lugar se buscarán los signos que pueden dejar los agentes bióticos en la superficie de la madera (como abultamientos, orificios, cuarteado...), de acuerdo a lo mencionado anteriormente. Se hará especial hincapié en las zonas de mayor riesgo del edificio (generalmente serán las zonas que presenten un mayor grado de humedad). Los instrumentos necesarios y su empleo son:



Figura 43. Instrumentos para la auscultación de piezas.⁸⁴

Martillo corriente, que se emplea para golpear un elemento estructural, de modo que el sonido producido por su golpeo permite estimar si se encuentra o no bajo carga. Un sonido sordo (blando, grave, sin rebote), indica que la pieza no puede estar en carga, y por tanto probablemente tenga daños. Por el contrario, un sonido claro y tenso revela una pieza que se encuentra en carga. Así mismo, el golpe del martillo sobre la superficie de la madera detecta las zonas atacadas en el interior, al producirse un sonido hueco, en lugar de macizo.

Punzón: Con este instrumento se puede tantear rápidamente si existe degradación bajo la superficie externa de la madera. En zonas de poco espesor sirve para conocer la profundidad del ataque.

Taladro: Una máquina taladradora de pequeñas dimensiones con brocas de pequeño diámetro (3-6mm), permite conocer la profundidad y extensión del ataque sin necesidad de eliminar toda la parte destruida. La viruta de madera que se desprende sirve de indicio del estado de la madera.

Alcotana y azuela: Empleadas para eliminar zonas afectadas en la madera. Estas operaciones se realizan más propiamente cuando se procede al tratamiento de protección.

-Procedimientos de mayor sofisticación. Estos sistemas son empleados en la inspección de estructuras de hormigón y acero, pero recientemente se comercializan también destinados al

84 ARGÜELLES ÁLVAREZ, R., et al, *Curso de construcción...*p. 234.

campo de la madera. Sus aplicaciones se orientan a la evaluación de las características mecánicas, clasificación, control de calidad de productos derivados de la madera y detección de la degradación en estructuras de madera. Se distinguen:

Medidores de velocidad de ondas de esfuerzo: Se han desarrollado aparatos portátiles para medir la velocidad de propagación de ondas de esfuerzo a través de un material. Su funcionamiento es el siguiente: la velocidad c a la cual viaja una onda de esfuerzo a través de un material depende del módulo de elasticidad dinámico E y de la densidad δ , de acuerdo con la fórmula:

$$c = \sqrt{E/\delta}$$

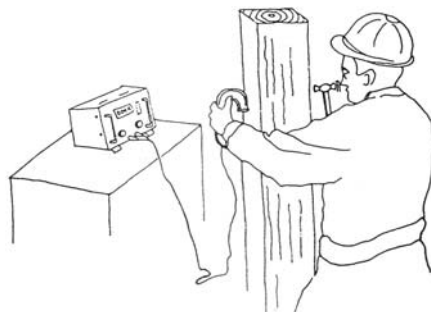


Figura 44. Sistemas de auscultación basados en la propagación de ondas.⁸⁵

De tal forma que si se mide c y bien E o δ es conocido, el otro factor incógnita es fácilmente deducible. La forma de trabajo de este instrumento es la siguiente: se induce en el material una onda de esfuerzo mecánico mediante un golpe de martillo u otro medio similar. Esta onda es detectada en dos puntos a lo largo de su propagación. Cuando la onda alcanza el primer acelerómetro se pone en funcionamiento un contador de tiempo. Y cuando la onda llega al segundo acelerómetro el contador se detiene reflejándose en el visor display el tiempo transcurrido en microsegundos. Lógicamente si en una pieza de madera existen degradaciones interiores u oquedades de galerías, la velocidad de propagación será diferente y el tiempo medido reflejará esta perturbación respecto a la madera sana.

Métodos de reconocimiento por sonidos procesados por ordenador: Existen investigaciones orientadas a la detección de la presencia y la identificación de insectos destructores de la madera, basados en técnicas informáticas de reconocimiento de los sonidos producidos en el ataque, si bien su aplicación práctica todavía no se ha producido. Actualmente se está investigando en el desarrollo de un aparato destinado al reconocimiento automático de la presencia y de los patrones de comportamiento de los insectos xilófagos.

En una pieza de madera que presenta un ataque de insectos en actividad, se registra el espectro de ruidos y vibraciones producidos por la acción de los insectos. Esta señal es amplificada, filtrada y transformada en una secuencia digital apta para ser leída por el ordenador. Éste compara la

85 ARGÜELLES ÁLVAREZ, R., et al, *Curso de construcción...*p. 235.

señal recibida con las señales patrones y si existe coincidencia con alguna ofrece como respuesta la identificación del insecto xilófago y cual es el tipo de actividad que está desarrollando.

Las aplicaciones de esta tecnología se orientan hacia el reconocimiento de ataques de madera rápida y no destructiva y también puede tener grandes ventajas para evaluar la eficacia de tratamientos insecticidas, realizando inspecciones a lo largo del tiempo.⁸⁶

2.6.3. TÉCNICAS DE TRATAMIENTO DE LA MADERA:

Una vez estudiado los daños ocasionados en la madera, y evaluado los daños existentes, es hora de aplicar las técnicas de tratamiento necesarias para proteger la madera de dichas patologías. Toda técnica de tratamiento de la madera tiene un grado de protección, el cual queda definido por la penetración media alcanzada, la retención, y la distribución homogénea.



Figura 45. Tratamiento curativo de la madera.

Los sistemas de tratamiento de la madera son los diferentes procedimientos por los que se aplica un protector a la madera. Estos sistemas de tratamiento pueden tener carácter preventivo o curativo.

Los protectores son sustancias químicas que utilizadas de forma aislada o en combinación, están destinadas a asegurar a las piezas de madera sobre las que se aplica, una mayor resistencia a los agentes destructores.⁸⁷

La investigación llevada a cabo con diferentes sustancias, ha dado origen a numerosos productos utilizables en la protección de la madera. Tanto si son naturales como si son sintéticos, podemos establecer una clasificación atendiendo al vehículo de aplicación en la madera. De esta manera surgen tres grupos:

-Protectores naturales: Son aceites de la destilación de la hulla o de la madera. El más conocido es la creosota, que se obtiene como producto de residuo en las fábricas de gas o en los altos hornos.

-Protectores hidrosolubles: Son formulaciones de sales de diferentes metales (Fluor, Boro, Arsénico, Cobre, Zinc...), y con diferentes funciones. Unas actúan como insecticidas y otras como

86 ARGÜELLES ÁLVAREZ, R., et al, *Curso de construcción...* pp. 233-236..

87 CAPUZ LLADRÓ, R., *Materiales orgánicos...* pp. 106-107

fungicidas, mientras que unas terceras actúan como fijadoras de las materias activas en la madera, ya que al ser productos hidrosolubles, se pueden deslavar por la acción del agua

-Protectores orgánicos: Son formulaciones complejas en las que existen materias activas sintéticas y un disolvente orgánico. Las materias activas insecticidas y fungicidas, son moléculas orgánicas de síntesis que pertenecen a los grupos de los fenoles clorados, naftalenos clorados o sus sales de cobre o zinc.⁸⁸



Figura 46. Tratamiento a presión en autoclaves,⁸⁹

Para conseguir una protección de la madera lo más efectiva y duradera habrá que dar preferencia al sistema de tratamiento que garantice que la penetración media alcanzada por el protector sea la exigida. Además deberemos asegurarnos de que la distribución del protector sea lo más homogénea posible, y de que la cantidad del protector aplicada pueda ser medida. Existe una gran variedad de sistemas de tratamiento de la madera, debiendo

emplear aquel que se adecue de la manera más satisfactoria a las patologías detectadas. A continuación vamos a señalar los tratamientos de la madera empleados con mayor frecuencia:

Tratamiento a presión en autoclaves: Consiste en hacer penetrar el protector en la madera de forma forzada, aplicando presión en un autoclave. Se aplica a las maderas secas.

Tratamiento de superficie: Se aplica un protector sobre la superficie de la madera mediante pincelado, pulverización o inmersión breve (inferior a diez minutos). Este sistema se emplea casi exclusivamente para protectores de tipo orgánico.

Inmersión prolongada: Consiste en sumergir la madera seca en la solución de tratamiento por un periodo de tiempo superior a diez minutos, y generalmente alrededor de una hora o más dependiendo del grado de protección que se debe alcanzar. Se utilizan los protectores hidrosolubles o naturales.

Inmersión caliente-fría: Consiste en sumergir la madera en la solución de tratamiento caliente, y pasado un cierto tiempo dejarla enfriar. La madera absorbe el protector mientras se enfría. Este sistema se aplica mediante protectores hidrosolubles y naturales

88 MORALES MÉNDEZ, E. (Cord.), *I Curso de construcción*....pp. 158-161.



Los tratamientos de la madera tienen como objeto proteger a la madera contra los agentes biológicos. Pueden realizarse antes de su puesta en servicio en cuyo caso serán preventivos, o después de su puesta en servicio y entonces podrán ser preventivos o curativos. En cualquiera de las situaciones tendremos que elegir el protector y el sistema de tratamiento.⁹⁰

2.6.3.1. TRATAMIENTOS DE LA MADERA ANTES DE SU PUESTA EN SERVICIO:

Son los que se aplican a una madera seca antes de su puesta en servicio, para evitar que sea atacada por los organismos destructoras. Todo tratamiento preventivo requiere conocer los posibles agentes destructores y la intensidad de los riesgos a que va a estar sometida la madera en el empleo considerado.

Otro requisito necesario en cualquier tratamiento preventivo consiste en evitar en lo posible el riesgo de infección a través de una correcta disposición de las medidas constructivas. También es importante determinar si la especie de madera a emplear tiene una duración natural capaz de afrontar los riesgos en caso de que existan, y en este último caso, elegir el protector y el sistema de tratamiento adecuado. El sistema de tratamiento adecuado será función del agente destructor contra el que se quiera proteger la madera, y de las dimensiones y volumen de la madera a tratar.⁹¹

2.6.3.2. TRATAMIENTO DE LA MADERA PUESTA EN SERVICIO:

Esta forma de tratamiento presenta, en general, una eficacia inferior al de la madera antes de su puesta en servicio, dadas las dificultades de accesibilidad que normalmente existen. Este tratamiento puede ser preventivo o curativo. La diferencia entre uno y otro, radica en que los tratamientos preventivos se realizan sobre madera sana, a colocar o puesta en servicio, mientras que los tratamientos curativos se dirigen a la madera dañada previamente.

Cuando recurrimos a un tratamiento preventivo de la madera puesta en servicio debemos realizar básicamente tres operaciones: en primer lugar debemos sanear las zonas más próximas a la madera, a continuación trataremos la madera mediante el protector que hayamos creído conveniente para prevenir la madera de futuros ataque de insectos, y por último deberemos de realizar reconocimientos periódicos de la madera.

89 www.tukoex.com

90 CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos...pp. 109-112.

91 CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos...p. 113.

En el caso de emplear un tratamiento curativo de la madera, debemos reconocer todos los elementos de madera de nuestro edificio, diagnosticando el tipo de daños que presentan e intensidad de los mismos. Ello irá acompañado de un estudio de las resistencias mecánicas del maderamen afectado, sustituyendo o consolidando las piezas en mal estado. En estos casos es de vital importancia eliminar las condiciones que favorezcan el desarrollo de los agentes destructores, aplicando los protectores óptimos a la profundidad y cantidad suficientes para ejercer su acción sobre los agentes degradadores. Una vez efectuado esto deberemos de crear una barrera

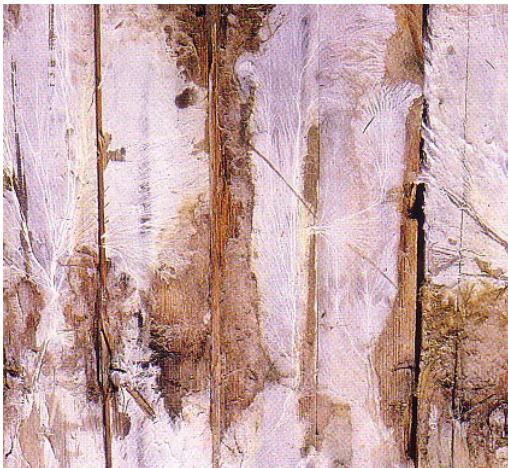


Figura 47. Parte inferior de una tarima en plena fase de ataque de hongos de pudrición.⁹²

protectora contra una futura infección. Por último debemos tomar la precaución, al igual que en el caso de los tratamientos preventivos, de realizar reconocimientos periódicos de la madera.⁹³

Un aspecto fundamental a la hora de aplicar cualquier tratamiento curativo, es la adopción de una serie de medidas de saneamiento del edificio antes de la aplicación del protector, dada la gran toxicidad que presentan estos productos. Dentro de los tratamientos curativos podemos diferenciarlos en función el agente destructor al que se quiera combatir. Así podemos distinguir:

Tratamientos contra hongos: Debemos diferenciar la madera afectada por pudrición “parda” de la pudrición “blanca”, llevando mayor precaución con la primera, en cuyo caso debemos ampliar el radio de acción tanto al maderamen como a la totalidad de la construcción de la obra.

En primer lugar, debemos sanear la construcción eliminando todas las fuentes de humedad anormales, y asegurar una aireación permanente de la madera. A continuación, procedemos a una desinfección del local, eliminando los tejidos visibles de los hongos y los restos de madera atacada. Posteriormente, realizamos una evaluación de los daños, determinando las partes que se deben mantener, sustituir o consolidar, y a raíz de ello elegimos el tipo de protector y su sistema de aplicación, que dependerán de las escuadrías de la pieza y del grado del ataque. De este modo podemos señalar que para poca cantidad de piezas y de poco espesor, el sistema empleado será el pincelado. En caso de tratar superficies grandes y de poco espesor nos decantaremos por la pulverización, y cuando la madera que tratemos tenga un gran espesor podemos emplear la

92 MORALES MÉNDEZ, E. (Cord.), *I Curso de construcción*....p. 151.

93 CAPUZ LLADRÓ, R., *Materiales orgánicos*...pp. 113-115.

inyección a presión mediante unos taladros practicados al efecto, el pincelado o la pulverización de todas las superficies laterales.

Tratamiento contra la carcoma: El principal problema que presenta este tipo de tratamientos es conseguir la penetración necesaria, para poder destruir las larvas en sus galerías.

En estos casos, el primer paso que debemos dar es, determinar la profundidad a la que se encuentran las larvas o el espesor de la pieza dañada, ya que el ataque lo realizan de la periferia



Figura 48. Insecto adulto de la Carcoma Grande de las vigas.⁹⁴

hacia dentro. Este tratamiento se realiza, además de por los circuitos naturales, por la red de galerías en las que el serrín acumulado por las larvas hace de mecha. Tras esto, debemos realizar una operación de desbastado, utilizando para ello un cepillo de púas, de manera que sólo afecte a las partes que hayan perdido toda resistencia mecánica, sin afectar a la madera sana.

Al igual que comentamos anteriormente, el sistema empleado depende fundamentalmente del espesor de la pieza, de modo que para piezas de poco espesor empleamos el protector mediante pincelado o pulverización, mientras que si disponemos de piezas con secciones superiores a diez centímetros, es más aconsejable la inyección del protector mediante taladros.

Tratamiento contra los ataques de insectos sociales (Termitas): El primer paso que debemos dar en estos casos es conocer cómo se produce la invasión y cuales son las condiciones que la facilitan y favorecen, ya que esta invasión, por lo general, se realiza a través de galerías subterráneas que parten del termitero. Una vez conocido esto, debemos adoptar las medidas necesarias para erradicar este problema.

Medidas de saneamiento. Estas medidas van encaminadas, en un primer lugar, a evitar el exceso de humedad, atacando las causas que la producen. A continuación debemos destruir todas las galerías terrosas o chimeneas tanto visibles como ocultas que se presentan en los paramentos interiores o exteriores.

94 MORALES MÉNDEZ, E. (Cord.), *I Curso de construcción*....p. 154.



Figura 49. Viga atacada por termitas.

Aislamiento del edificio mediante una barrera química continua. Para ello tratamos con un insecticida potente el suelo contiguo tanto por el exterior como por el interior de las fundaciones, hasta una profundidad aproximada de unos 50cm. Además debemos realizar la misma operación en la base de los muros y pilares.

Tratamientos químicos del maderamen. Este tratamiento se realiza igual que los comentados en los casos anteriores, es decir, según se trata de grandes secciones o de pequeñas secciones, adoptando idénticos criterios. Especial cuidado debemos adoptar en las cabezas de las vigas, ya que se trata de zonas donde el ataque es más intenso.

Tratamiento de los edificios adosados. Cuando el edificio no está aislado, hay que plantear el tratamiento de una manera conjunta. Para ello debemos tratar como mínimo toda la manzana, ya que las termitas pueden avanzar por las paredes de los edificios contiguos.⁹⁵

95 CAPUZ LLADRÓ, R., Materiales orgánicos...pp. 115-117.

3. LA CARPINTERÍA DE ARMAR ESPAÑOLA.

La madera empleada en la arquitectura la trabajan fundamentalmente dos oficios, emparentados entre sí por la utilización común de muchas de sus herramientas, pero básicamente diferente en cuanto a sus formas y técnicas de trabajo.

Así distinguimos entre carpintería de taller, entendiendo como tal la que se dedica a la fabricación de puertas, ventanas y en general elementos auxiliares de la construcción, y carpintería de armar, que tiene como finalidad la construcción de los entramados estructurales y la realización de forjados de piso, así como de las armaduras de cubierta.

Estos oficios se han heredado de los antiguos gremios de carpinteros, de los que nos queda constancia gracias a las ordenanzas que aún perduran de los siglos XVI y XVII. La carpintería



Figura 50. Entramado estructural de madera.⁹⁶

abarcaba en aquella época tres grandes grupos de artesanos. Por un lado se encontraba la carpintería de lo blanco, en el cual se encuadraban los carpinteros especializados en la construcción. Otros trabajaban la carpintería de lo prieto, los cuales se dedicaban a la construcción de carros, ingenios agrícolas, molinos...Y por último estaba la carpintería de la rivera, que se dedicaba a la construcción naval.⁹⁸



Figura 51. Tallaje de la cabeza de una ménsula.⁹⁷

Dada la temática de este proyecto, y en especial la de este apartado, nos vamos a centrar en el estudio de la carpintería de armar. Para ello comenzaremos hablando de las características de la madera requerida para la construcción de este tipo de estructuras, para después explicar con detenimiento las distintas construcciones que se pueden realizar con esta modalidad típicamente española. Así comentaremos, en primer lugar, los entramados estructurales realizados exclusivamente con madera, para a continuación meternos de lleno en la construcción de los forjados de madera y las armaduras de cubierta realizados con este mismo material.

⁹⁶ www.stonek.com

⁹⁷ www.artesonados.com

⁹⁸ NUERE MATAUCO, E., *Elementos de madera en la decoración*, Extraído de los apuntes del Master en diseño de interiores de la Universidad de Salamanca, Salamanca, 2002,

3.1. ELECCIÓN DE LA MADERA DESTINADA A TRABAJOS DE CARPINTERÍA DE ARMAR.

La madera ha sido el material más empleado durante siglos para la ejecución, principalmente de forjados de madera, y en menor medida de esqueleto envolvente del edificio, ya sea realizando las funciones de cerramiento superior del edificio (armaduras de cubierta), o constituyendo los cerramientos laterales del edificio.

Su gran empleo a la hora de realizar forjados de madera se debió a que era el único material capaz de trabajar a flexión de forma eficaz, ya que las otras opciones se resumían a realizar forjados a base de losas de piedra, recurso limitado a pequeñas luces, o a realizar bóvedas con el consiguiente aumento de los muros de cerramiento para poder hacer frente a los grandes empujes horizontales. Es por ello que no fue hasta la aparición del acero laminado, a principios del siglo XX, cuando decreció el empleo de la madera en este tipo de soluciones. Lo primero que tenía que tener en cuenta el carpintero de lo blanco a la hora de realizar un forjado de madera, era la cantidad de madera de que disponía para su construcción, pero esto no era una tarea sencilla como veremos a continuación.⁹⁹



Figura 52. Troncos de madera recién cortados¹⁰⁰

El principal inconveniente que se le presentaba al carpintero era que no podía diseñar las secciones de los elementos estructurales de madera. Esta labor le correspondía al maderero, y no se trataba de un capricho, sino que se debe a las características de la madera, que una vez apeada contiene un alto contenido de humedad, de modo que al secarse se producen grandes fendas, que sin ser críticas para su resistencia, si lo son desde el punto de vista estético.

La forma de minimizar este efecto, de modo que al maderero le afectase económicamente en la menor medida, consistía en despiezar los troncos lo antes posible en pequeñas secciones, para que al secarse las inevitables fendas fuesen mínimas y pudiesen pasar desapercibidas. Así los gruesos disponibles para la construcción de los forjados quedaban preestablecidos por el maderero que acopiaba la madera en el monte. Estas secciones trataban de estandarizarse, variando de unas regiones a otras, en función de las distintas varas de medida usadas en cada región.

⁹⁹ NUERE MATAUCO, E., *Elementos de madera...*

¹⁰⁰ www.andaluciaimagen.com

Las fracciones más usuales de la vara utilizadas para las escuadrías de madera eran la tercia, la cuarta y la sesma, equivalentes en medidas castellanas a 28,5cm, 21,3cm, y 14,25cm. De una viga de 28,5 x 21,3cm, dividida al centro de sus caras se obtenían cuatro piezas de 14,5 x 10,65cm, denominadas cuartones, y que eran las más utilizadas en la construcción de forjados de pisos.

Además para la manipulación de la madera, tanto en bosque como en el aserradero, la longitud máxima de las piezas las determinaba también el maderero, estableciendo unos límites al largo de las piezas generalmente en función de la comodidad a la hora de su transporte.¹⁰¹

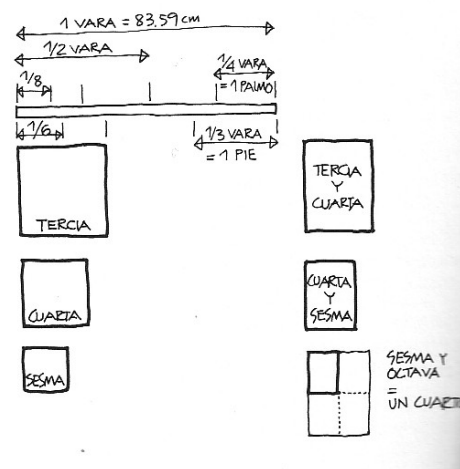


Figura 53. Escuadrías de madera empleadas por los antiguos carpinteros españoles.¹⁰²

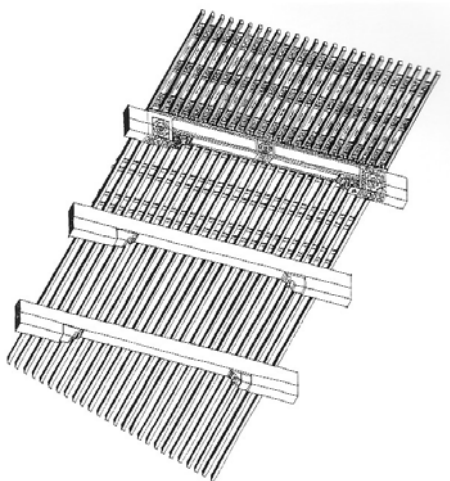


Figura 54. Forjados de madera organizados con distintos órdenes de vigas.¹⁰³

Todo esto obligaba al carpintero a adecuar la luz libre de trabajo a las escuadrías disponibles, pero había casos en los que la luz a salvar era mayor que la que posibilitaba los cuartones. En estos casos el carpintero colocaba vigas de mayor sección proporcionando apoyos intermedios a la distancia adecuada a los largos de madera disponible, lo que permitía su aprovechamiento óptimo.

Sobre estas vigas principales de mayor sección, se colocaban más o menos próximos los cuartones, cuya resistencia conocida sería la que determinase la separación de las vigas principales. La separación ideal a la que deben colocarse las distintas viguetas (cuartones), es dejando un espacio entre ellas igual a dos veces su grueso. A esta separación entre viguetas constituyentes de un forjado, en España se le denomina "a calle y cuerda".

"Otro aspecto interesante a la hora de cortar la madera de un tronco, es saber cual es la sección ideal que se puede obtener de dicho tronco. En un principio, la solución más empleada fue la conversión de la forma cilíndrica del tronco en una sección cuadrada, como podemos apreciar en muchos edificios medievales. Con el tiempo los carpinteros descubrieron que una sección rectangular tenía mejores características resistentes que una"

101 NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería de lo blanco*, Madrid, Ed. munilla-lería, 2001, pp. 45-46.

102 NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 46.

103 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar española*, Madrid, Ed. Munilla-lería, 2003, p. 57.

cuadrada, pero ¿Cuál de los infinitos rectángulos que proporciona una sección rectangular es el más favorable? A esta pregunta podemos responder hoy matemáticamente, pero antiguamente solo se hacía uso de los conocimientos geométricos, aplicados esencialmente a encontrar un modo de definir formalmente una sección concreta”.¹⁰⁴

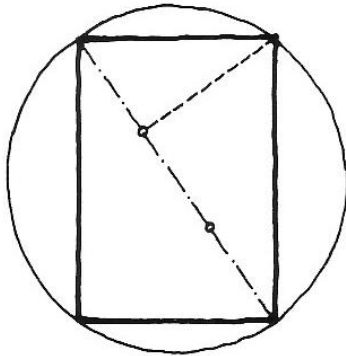


Figura 55. Sección de máxima resistencia de un tronco de madera.

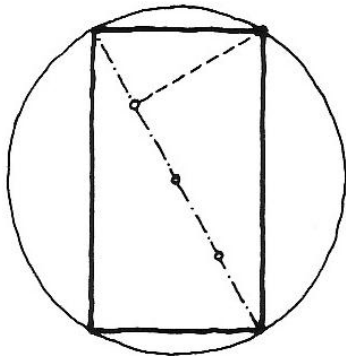


Figura 56. Sección de máxima rigidez de un tronco de madera.¹⁰⁵

Lo que más sorprende es que la sección que los carpinteros del siglo XVI escogían mayoritariamente para sus trabajos resulta ser prácticamente la de máxima resistencia posible. Dicha sección es aquella en la que su altura es igual a su base multiplicada por raíz de dos, que es casi idéntica de la que resulta de dividir el diámetro de la circunferencia en tres partes, y hacer pasar por una de las divisiones una perpendicular al diámetro dividido, ésta línea corta a la circunferencia en un punto, desde el que trazamos sendas rectas hasta los extremos del diámetro de partida, con lo que obtenemos los dos lados del rectángulo buscado. De este modo conseguiríamos la sección de máxima resistencia, pero si lo que buscamos es la sección de máxima rigidez, debemos seguir el mismo método, pero esta vez dividiendo el diámetro en cuatro partes en lugar de en tres, como hemos realizado anteriormente.

104 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 54.

105 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 56.

3.2. ENTRAMADOS ESTRUCTURALES DE MADERA EN LA EDIFICACIÓN.



Figura 57. Entramado de madera típico de los países centroeuropeos. ¹⁰⁶



Figura 58. Otro ejemplo de entramado de madera centroeuropeo. ¹⁰⁷



Figura 59. Panera típica de la zona norte de España (Asturias). ¹⁰⁸

Como ya hemos comentado anteriormente la madera se ha empleado muchísimo a la hora de construir los forjados y las armaduras de cubierta. Además, en aquellas zonas donde han tenido la posibilidad de disponer de este material en grandes cantidades, se ha empleado la madera también para realizar el esqueleto estructural de la edificación, de manera que la madera formaba el entramado de paredes, pisos y cubierta del edificio, denominándose a este tipo de construcción como entramada.

En España este tipo de construcción es característica de la cornisa cantábrica y de la submeseta norte, encontrándose muy pocos ejemplos de esta tipología de edificios en el resto de la península.

Nuestra construcción entramada no alcanza el grado de perfección de las *Fachwerkhäuser* alemanas o las *maisons a colombage* francesas, pero sus principios constructivos son similares.

Mientras que en las construcciones centroeuropeas abunda el roble, en España el material más empleado ha sido el pino, que aunque se trata de una madera de menor dureza que el roble o el castaño, y por tanto más fácilmente atacable por los hongos e insectos xilófagos, se compensa con la calidez de nuestro clima, menos húmedo que el centroeuropeo. “A diferencia de lo que ocurre con la mayoría de los construcciones centroeuropeas, la construcción entramada española no presenta modelos característicos que constituyan determinados estándares, sino que el carpintero construirá casas cuyas características dependen de las peculiaridades agrícolas o ganaderas de la zona, para dar respuesta adecuada a sus diferentes

¹⁰⁶ www.stonek.com

¹⁰⁷ www.stonek.com

¹⁰⁸ www.stonek.com

usos, o bien las soluciones constructivas dependen de la mayor o menor pluviometría de la región".¹⁰⁹

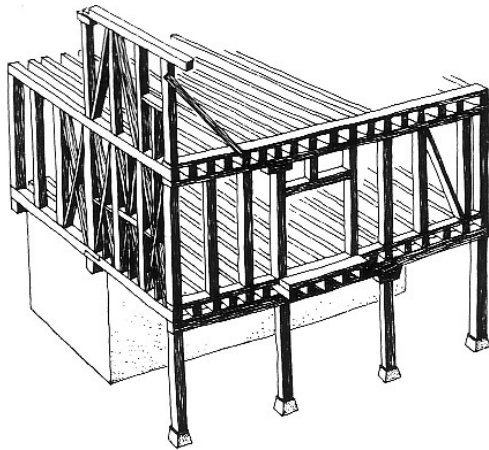


Figura 60 Proceso constructivo de un entramado de madera.¹¹⁰



Figura 61. Construcción de una cubierta de madera

La forma más general de organizar la estructura entramada consiste en formar paredes, que se constituyen mediante maderos verticales separados entre sí una cierta distancia y apoyados en uno horizontal que recibe el nombre de solera. Superiormente estos maderos verticales se recogen con una carrera horizontal, consiguiéndose la estabilidad del conjunto con maderos inclinados formando una mínima triangulación en cada una de las paredes así construidas. La cantidad de maderos diagonales dependen en gran medida de la solidez de los verticales, y serán más abundantes cuanto menores sean las escuadrías que se utilicen para la formación de estas paredes.

Finalizada una pared, su verticalidad la garantizan las que a ella acometen, y la estabilidad del conjunto de paredes se consigue con las vigas de los forjados que sobre ellas apoyan. Al terminar un forjado se repite el proceso tantas veces como plantas se quieran levantar.¹¹¹

Para rematarlas se colocará la cubierta, que generalmente se construye por el mismo procedimiento, dando la lógica forma triangular a los piñones de fachada si existen, y colocando las vigas del tejado con la inclinación adecuada.

Las mayores diferencias en el aspecto de las construcciones entramadas, tanto en las europeas como en las españolas, radican en la manera de rellenar los espacios existentes entre los diferentes elementos estructurales de madera que conforman los entramados, así como en los

109 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, pp. 29-31.

110 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 34.

111 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 34.



Figura 62. Tabique construido con la técnica tradicional del barrotillo.¹¹²

materiales empleados para ello. Así podemos encontrar infinidad de soluciones, destacando aquellas que emplean elementos vegetales entrelazados, los cuales sirven de soporte a cualquier tipo de relleno, generalmente barro; en otros casos se emplea el tapial, o adobes, y también es común el empleo de ladrillos. En determinadas ocasiones también se puede emplear elementos auxiliares de madera que pueden tener finalidad decorativa.¹¹⁴



Figura 63. Relleno del entramado de madera con adobe.¹¹³

A la hora de concebir la construcción entramada, el carpintero debe tomar una serie de precauciones con la finalidad de combatir el principal agente destructor de la madera: la humedad, causante de la disminución de resistencia en la madera y por consiguiente del ataque de los xilófagos, como ya hemos explicado en el capítulo anterior.



Figura 64. Relleno del entramado de madera con ladrillo

El principal objetivo del carpintero es preservar la madera de humedades continuadas, ya que los puntos más peligrosos son aquellos que se ven afectados por la humedad de forma persistente, ya sea por contacto directo con la lluvia, o porque estén en continua exposición a la humedad del terreno o de la propia construcción, dado que un remojón esporádico que una vez pasado puede secarse de forma natural, no suele ser blanco de los depredadores xilófagos.

Entre las humedades producidas por la propia construcción, las más perniciosas son las debidas a defectos en las conducciones de suministro o evacuación de aguas, siendo éstas últimas más nocivas debido a que su detección se hace mucho más complicada que las primeras, dado su carácter intermitente.

¹¹² NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p 37.

¹¹³ www.stonek.com

¹¹⁴ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 36.

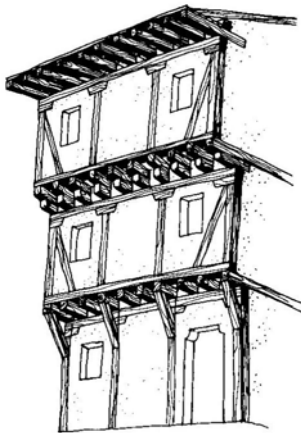


Figura 65. Casa de Aguilar del Campo donde se observa la construcción de grandes vuelos para proteger sus paramentos de adobe.¹¹⁵

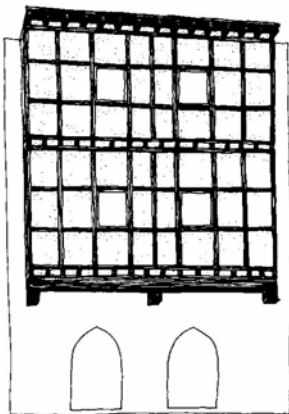


Figura 66. Casa de Santillana del Mar, donde los muros de sillería abrazan al entramado de madera.¹¹⁶

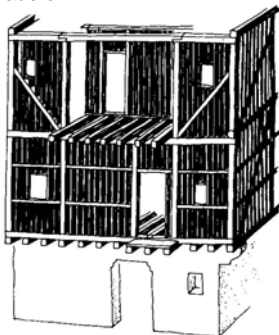


Figura 67. Casa de la Alberca, en la que su planta baja está construida con mampostería.¹¹⁷

Estas humedades, al empapar los elementos de fábrica que ocultan a su vez alguno de madera, le transmiten dicha humedad, y al rodearlo totalmente dificultan o impiden su secado. Otros puntos vulnerables y con los que hay que extremar las precauciones, son aquellos por los que circula el agua libremente, como son las limas de la cubierta o los canalones, cuya obstrucción temporal puede hacer que el agua busque otras vías. Igualmente nocivo para la madera se puede considerar el simple goteo de los aleros y su salpicado al golpear el suelo. Aunque en regiones secas este hecho apenas tiene relevancia, en regiones de clima húmedo puede ser muy pernicioso, ya que puede llegar a ser enorme la frecuencia con que se producen., incrementando peligrosamente el grado de humedad de la madera afectada.

Estos problemas se han de combatir a la hora de diseñar el edificio, puesto que si no se tienen en cuenta en su momento, puede llegar a ser motivo de gran número de patologías en el futuro. Una solución al goteo de los aleros y su posterior salpicado, es la realización de grandes aleros, consiguiendo preservar a las maderas de las fachadas de esta humedad que como ya hemos comentado en determinadas regiones puede ser incesante.

Otra solución para resolver el mismo problema puede ser la de volar progresivamente cada planta sobre las inmediatas inferiores. Respecto a la obstrucción de agua temporal que puede producirse en las cubiertas, es una buena práctica constructiva evitar en la medida de lo posible las limahoyas, al igual que es sumamente aconsejable separar la madera del suelo con su humedad constante. Esta última medida se puede resolver con la simple colocación de basas de piedra en el arranque de pilares (las menos porosas disponibles), o construyendo la totalidad de la planta baja con fábricas, y arrancando la madera de su coronación donde las humedades de capilaridad raramente llegan.¹¹⁸

¹¹⁵ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 34.

¹¹⁶ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 34.

¹¹⁷ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 34.

¹¹⁸ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 36.

3.3. CONSTRUCCIÓN DE LOS FORJADOS DE MADERA. DE LAS SOLUCIONES MÁS SIMPLES A LOS ARTESONADOS.

Como ya hemos comentado anteriormente, la construcción de los forjados, empleando la madera como elemento estructural es una de las construcciones más representativas de nuestra carpintería de armar. En España contamos con un abanico extenso de soluciones de este tipo, abarcando desde las soluciones más simples consistentes en el simple apoyo de vigas en la coronación de muros opuestos, hasta los más sofisticados artesonados que alcanzaron su mayor inspiración a lo largo de los siglos XVI y XVII.



Figura 68. Solución más simple para conformar un forjado de madera



Figura 69. Forjado de madera resuelto con la técnica del artesonado

3.3.1. CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA LA EJECUCIÓN DE FORJADOS DE PISO.

Lo primero que debemos considerar, es que a la hora de construir un forjado, la madera que vamos a emplear para su ejecución tiene una estructura lineal, y aunque existen casos, fundamentalmente en tierras de abundante madera, en que se optó por colocar las viguetas unas junta a otras cuajándose así la superficie por donde se pisa, esta fórmula es claramente antieconómica. Así pues lo primero que ha de ingeniar el carpintero es la solución que le permita la consecución de una superficie continua a partir de un material, la madera, que normalmente sólo podemos encontrarlo en elementos lineales. Históricamente, la madera utilizada en la construcción se ha empleado inmediatamente a su apeo, culminándose su secado después de puesta en obra. Este motivo ha sido fundamental a la hora de escoger al ancho de la madera, optándose generalmente por anchos moderados, con el propósito de evitar en la medida de lo posible las grietas que genera la madera al contraerse por el inevitable proceso de su secado.

Para paliar este defecto y economizar la mayor cantidad posible de madera, los carpinteros idearon todo tipo de recursos, teniendo todos como objetivo final una mejoría de las condiciones de trabajo de la madera.¹¹⁹

¹¹⁹ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 53.



Figura 70. Iglesia de la Concepción de Caravaca de la Cruz. Apoyo de las vigas en ménsulas



Figura 71. Forjado de madera construido con jabalcones. Claustro de San Juan de los Reyes en Toledo.¹²⁰



Figura 72. Solución mixta de ménsulas y jabalcones.¹²¹

Una de las mayores preocupaciones que se le presentaban al carpintero a la hora de concebir cualquier forjado, era la de aumentar la resistencia de los elementos principales del forjado sin aumentar para ello la sección de sus elementos constructivos, dada la escasa disponibilidad de las secciones de madera deseadas y su repercusión económica. Para ello la solución más aconsejable era reducir al máximo posible su luz libre de trabajo, lo cual se podía conseguir fundamentalmente de dos formas:

Una solución, aunque no excesivamente eficaz, consistía en la utilización de grandes ménsulas, que se volaban desde cada muro enfrentado, a veces en uno, dos o tres ordenes de elementos superpuestos, alcanzando cada nuevo orden de ménsulas mayor vuelo sobre los muros.

Una mejor solución que la anterior para aumentar la luz a salvar sin aumentar la sección de las escuadrías de los elementos resistentes, es la de utilizar jabalcones próximos a sus extremos, solución más económica y enormemente más eficaz que la utilización de ménsulas. Con esta solución se logra que las vigas que antes trabajaban como simplemente apoyadas, pasen a trabajar como vigas continuas cuya luz libre disminuye de forma importante, reduciéndose en proporción geométrica el momento flector debido a las cargas soportadas. Esto se consigue gracias a los apoyos intermedios que

proporcionan los jabalcones, que son los responsables de que se creen unos momentos negativos en los apoyos que minoran los momentos positivos ya reducidos del vano central, con lo que se consigue que la sección de madera disponible se utilice de la manera más óptima.

¹²⁰ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 61.

¹²¹ www.stonek.com



Figura 73. Apoyo de los pares de cubierta sobre las correas en la iglesia parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz



Figura 74. Otro ejemplo de apoyo de pares sobre las correas.



Figura 75. En esta figura se pueden observar los aliceres entre par y par en la iglesia parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz.

Otra solución cuando las luces a salvar entre muros rebasan la longitud correspondiente a las escuadrías de maderos cuya oferta es abundante, el carpintero no duda en colocar entre dichos muros vigas auxiliares de mayor sección situadas a una distancia tal, que le permitan por el conjunto de la vigería la utilización de escuadrías más económicas. La colocación de las viguetas sobre las vigas presenta una problemática desde el punto de vista estético en la configuración de estos forjados, ya que se produce un hueco entre las viguetas y la cara inferior del forjado, que de no ocultarlo precisan un cuidadoso remate de las viguetas existentes a uno y otro lado de la viga sobre la que apoyan. Para evitar esta medida se opta por la colocación de tablas verticales, entre vigueta y vigueta, encajadas en unas ranuras practicadas en sus caras laterales, de forma que queden enrasadas con el plano de la viga en que descansan y que generalmente cuentan con una pequeña inclinación.

Por tanto podemos observar como en la carpintería de armar española vamos a encontrar un sinnúmero de soluciones a la hora de disponer las distintas vigas y viguetas constituyentes de los forjados de piso, primando unas veces el aspecto económico, otras el buen sentido estructural, otras el deseo de prefabricación o en ocasiones simplemente buscando con ello la posibilidad de conseguir complejos acabados.¹²²

¹²² NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 58.

3.3.2. TIPOLOGÍA DE FORJADOS DE MADERA

La solución más simple para construir un forjado de madera es aquella en la que se apoyan las vigas sobre los muros que constituyen la estancia, separadas una determinada distancia, de modo que sirvan de soporte a cualquier elemento auxiliar con el que se cuaje la superficie de asiento. Ésta solución solo se podrá emplear en casos de superficies pequeñas, y casi nunca la encontraremos en estancias de grandes dimensiones por la problemática que ya hemos mencionado en el apartado anterior.



Figura 76. Entrevigado resuelto con bovedillas de yeso.

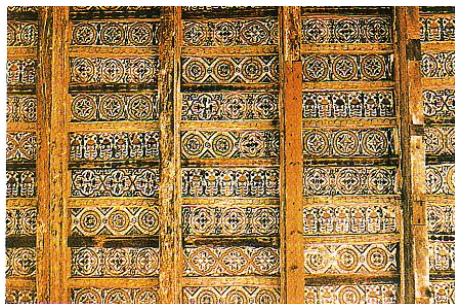


Figura 77. Entrevigado resuelto con baldosas cerámicas¹²³.



Figura 78. Entrevigado resuelto con entablado de madera.¹²⁴

Ahora bien, existe una amplia variedad de posibilidades a la hora de cuajar el espacio entre viguetas que nos proporciona esta solución. La más empleada es aquella que utiliza bovedillas de yeso cuyos hombros se afianzan en ligeras entalladuras practicadas en los bordes inferiores de las viguetas. Otra solución comúnmente utilizada es la del empleo de ladrillos o baldosas cerámicas, aprovechando en este último caso su decoración vidriada como ornamento del forjado.

Una solución muy utilizada, generalmente en zonas de abundante madera, es cuajar la superficie entre viguetas mediante un entablado de madera, que se clava a su paso por las viguetas. El inconveniente que presenta este tipo de forjados es el precario aislamiento acústico que ofrecen entre las distintas plantas que conforman el edificio, por lo que su empleo se restringe a construcciones populares o económicas.¹²⁵

Para solventar la problemática del aislamiento acústico, el carpintero español ideó una solución muy simple, consistente en colocar sobre el forjado una cama de arcilla, consiguiendo de este modo además de la mejora acústica mencionada, garantizar la impermeabilidad de

¹²³ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 62.

¹²⁴ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 62.

¹²⁵ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 62.



Figura 79. Solución de cinta y satino. Iglesia parroquial de la Concepción Caravaca de la Cruz.



Figura 80. Trasdós de la cubierta de la Concepción de Caravaca de la Cruz.



Figura 81. Intradós de la cubierta de la Concepción de Caravaca de la Cruz.

los forjados ante la acción de sus continuos fregados. Ahora bien, esta solución tiene un inconveniente ya que la simple colocación de tableros a tope no impedía la filtración de la arcilla, una vez que ésta se secase y disgregase, con su consiguiente caída al forjado inmediatamente inferior. Esto ocurre ya que como hemos comentado anteriormente, la madera se utilizaba inmediatamente después de su apeo, con lo que su secado una vez puesta en obra provocaba mermas en ella que producía que se agrandara sus juntas, siendo estos puntos crítico por donde se filtraba la arcilla.

Este inconveniente hizo que los carpinteros españoles se exprimiesen la cabeza en busca de soluciones que resolvieran este problema. Así surgen gran número de soluciones, desde las más elementales, consistentes en el empleo de tablas solapadas a medias maderas o aún mejor machihembradas, a soluciones más complejas pero de mucho más valor estético como son los forjados de cinta y saetino. La solución de cinta y saetino está muy extendida en la carpintería de armar española, existiendo gran número de edificios resueltos mediante esta técnica.

Esta tipología de forjado consiste en cruzar tablas sobre las viguetas constituyentes del forjado, teniendo dichas tablas la misma anchura que las viguetas sobre las que apoyan y pudiendo colocarse a tope o separadas una distancia similar a la que presentan las viguetas. Estas tablas de pequeño espesor reciben el nombre de cintas. En el caso de colocar estas cintas separadas, hay que colocar entre ellas unas tablillas estrechas, de modo que el espectador que vea el forjado desde el interior no aprecia ninguna discontinuidad. Estas tablillas reciben el nombre de saetinos, y de ahí que el nombre que reciban estos forjados sea el de cinta y saetino. Falta únicamente cuajar el espacio entre cintas, para lo cual se emplea tablas de ancho ligeramente superior a la distancia del entrevigado,

colocándose en el sentido de la pendiente con lo que se cubre perfectamente las juntas. Generalmente tanto las cintas como los saetinos presentan sus bordes achaflanados, lo que obliga a que todos los encuentros se hayan de cortarse a inglete.¹²⁶



Figura 82. San Clemente de Toledo. Se ve como los espacios entre las vigas y peinaos están abiertos por su centro.¹²⁷

Todas estas soluciones implican que las viguetas empleadas para la construcción del forjado deban estar muy próximas entre sí, ya que la tabla que se emplea para cuajar superiormente el hueco dejado por las cintas no puede ser muy gruesa, debido a las mermas que podría sufrir durante su secado y que darían lugar a la aparición de grietas, que podrían atravesar el espesor de la pieza o simplemente separar sus bordes con el consiguiente riesgo de que se filtre por estas zonas la arcilla seca.

Para conseguir una mayor separación de las viguetas del forjado, el carpintero recurrió a otra solución, dando lugar a los artesonados de madera, la solución más clásica de toda la carpintería española.



Figura 83. Soportal de la plaza de Quintana en Santiago de Compostela donde se observa la forma troncocónica de las tablas que rellenan la retícula formada por pares y peinaos.¹²⁸

*“La solución que caracteriza este tipo de forjados, es la de unir sus viguetas con piezas perpendiculares ensambladas con espigas en cajas practicadas en los laterales de las viguetas. Estas piezas perpendiculares, denominadas peinaos, se separan entre sí una distancia igual a la que separa unas viguetas de otras, de modo que se forma una retícula de forma cuadrada”.*¹²⁹

Por tanto, la principal ventaja que nos ofrecen los artesonados, es la de homogeneizar el comportamiento de todos los elementos de madera que constituyen el

¹²⁶ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*

¹²⁷ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 66.

¹²⁸ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 66.

¹²⁹ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 64.

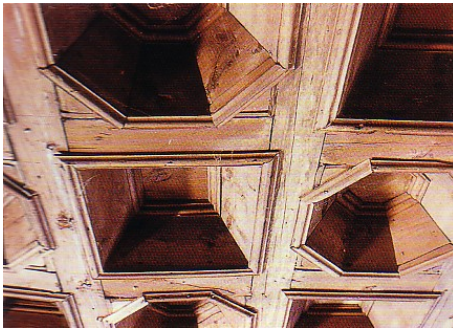


Figura 84. La retícula formada por pares y peinazos se cubre con casetones. Su forma de artesa es por lo que conoce a esta solución artesonados¹³⁰



Figura 85. Intradós del artesonado del Salón de Cortes del palacio de la Generalidad Valenciana.¹³¹

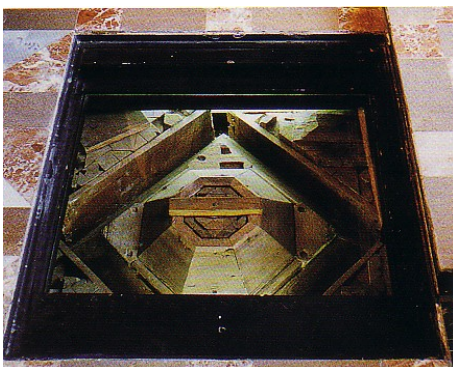


Figura 86. Trasdós del artesonado del Salón de Cortes del palacio de la Generalidad Valenciana.¹³²

forjado, que por la condición natural de la madera pueden variar los valores de su resistencia en gran medida de unas piezas a otras, haciendo solidarias cada una de ellas con las contiguas, consiguiendo de esta forma que se pueda confiar más en la resistencia de cada unos de estos elementos constituyentes del forjado.

Con esta medida podemos separar más las viguetas del forjado dado que se ha aumentado la capacidad resistente del mismo. Pero al aumentar dicha separación tenemos el problema de que las tablas necesarias para cuajar el espacio dejado por viguetas y peinazos han de ser más anchas que en el caso de los forjados comentados anteriormente, con el consiguiente riesgo de las excesivas contracciones que se producen en la madera durante su secado.

Para solucionar este problema los carpinteros tuvieron que recurrir a soluciones más complejas que la simple colocación de tablas sobre el entramado creado. Esta solución consiste en emplear tablas estrechas que dispuestas en forma de artesa entre los huecos dejados por viguetas y peinazos, puedan cubrir un espacio mucho mayor que el de su propia anchura.

“Esto se consigue recurriendo a la formación de una figura troncopiramidal cuya base arranca cerca del borde inferior del cuadrado formado por viguetas y peinazos, con lo que no sólo se evita la utilización de grandes tablas, sino que sus posibles contracciones tan sólo afecten a una posible variación en la sección vertical del conjunto formado, pero sin que los encuentros de las tablas empleadas tengan necesidad de abrirse por tanto la estanqueidad con respecto al relleno de arcilla que se

¹³⁰ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 67.

¹³¹ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 67.

¹³² NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 67.



Figura 87. Forjado resuelto mediante tramas triangulares.¹³³



Figura 88. Forjados ataujerados.¹³⁴

utiliza sobre dicho casetón para formar el piso superior".¹³⁵

La similitud de sus casetones con la forma de las artesas es lo que le da el nombre de artesonados a esta forma de resolver los forjados. Aunque el nombre de artesonados técnicamente se debería de utilizar estrictamente para este tipo de soluciones, en la actualidad se emplea de modo genérico para distinguir cualquier techumbre valiosa. Las organizaciones de vigas para formar pisos, se desarrollan fundamentalmente sobre tramas ortogonales, pero también se puede liberar el carpintero de la esclavitud que impone la perpendicularidad, creando soluciones en trama triangular. En algunos casos como relleno de los espacios triangulares del forjado, aparece un elemento importantísimo en la carpintería española: la lacería. Esta se va a convertirse en una preocupación constante de los carpinteros, hasta el punto de convertir los elementos resistentes necesarios para construir los forjados en los elementos constituyentes de la trama de lacería empleada.

Para finalizar lo relativo a los forjados de madera, comentaremos otra solución muy extendida por toda España, y es la consistente en guarnecer un forjado de vigas, más o menos toscas, con un tablero ornamentado con un trabajo de lacería. Dicho trabajo se resuelve con pequeñas piezas independientes. Este tipo de soluciones se conoce como forjados ataujerados.

¹³³ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p.83.

¹³⁴ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 80.

¹³⁵ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 66.

3.4. ARMADURAS DE CUBIERTA.



Figura 89. Armadura de cubierta de pares.¹³⁶

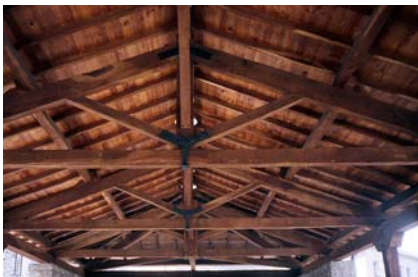


Figura 90. Armadura de cubierta de correas apoyada en cerchas de madera.



Figura 91. Forjado inclinado como solución de cubierta de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz.



Figura 92. Armadura oculta sobre bóvedas¹³⁷

En este apartado vamos comentar los diferentes sistemas constructivos ideados por nuestros carpinteros de lo blanco para resolver las cubiertas de los edificios.

Básicamente podemos considerar tres tipos de armaduras de cubierta en nuestra carpintería de armar: en primer lugar podemos distinguir aquellas que colocan sus elementos sustentantes inclinados y concurrentes en la cumbrera, en segundo lugar los que mediante una serie de elementos auxiliares dispuestos de manera triangulada (ya sea cerchas o tijeras), sirven de apoyo a otro grupo de elementos que se disponen paralelos a los muros del edificio. En último lugar, y aunque no se trate de auténticas armaduras de cubierta, podemos englobar las que se producen como conversión de un forjado de piso al inclinar su plano original horizontal.

Al primer tipo de armaduras de cubierta se le denomina armaduras de pares, mientras que a aquellas que se apoyan en elementos auxiliares a modo de cerchas o tijeras se le denomina armaduras de correas. El último grupo, que incluye estructuras muy elementales, las cuales pueden utilizar para su constitución tanto pares como correas dependiendo de la dirección en que se incline el forjado, se le conoce como forjados inclinados para formar cubiertas.

Además de estos grupos, no podemos obviar todas aquellas que no vemos por encontrarse ocultas sobre bóvedas, y que en la mayoría de los casos responde a alguna de las soluciones comentadas anteriormente. Una vez hecha la clasificación, vamos a analizar con mucho mayor detenimiento cada una de ellas.¹³⁸

¹³⁶ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 79.

¹³⁷ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 46.

¹³⁸ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 105.

3.4.1. ARMADURA DE PARES.

La principal característica de las armaduras de pares es la existencia de importantes empujes horizontales, que es imprescindible contrarrestar para la consecución de una cubierta duradera y eficiente. Dichos empujes son mayores al aumentar la luz cubierta por las armaduras de pares o al disminuir la pendiente de los faldones.

Para solucionar este problema los carpinteros españoles idearon dos soluciones fundamentalmente: las armaduras de parhiera y las de par y nudillo.

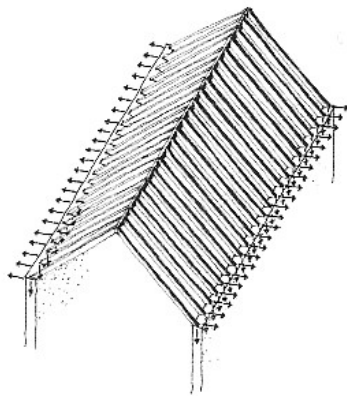


Figura 93. Armadura de par e hilera.

La armadura de par e hilera es la solución más sencilla de todas las posibles, y consiste en enfrenar parejas de maderos con la interposición en la cumbre de un madero horizontal, llamado hilera, que es el encargado de proporcionar la estabilidad transversal al conjunto de la armadura. Existen casos, generalmente en armaduras de pequeñas dimensiones, que se ha llegado incluso a prescindir de la hilera, ensamblando los pares en su coronación, quedando confiada la estabilidad del conjunto al trabazón del trasdós. Pero se trata de caso muy excepcionales.

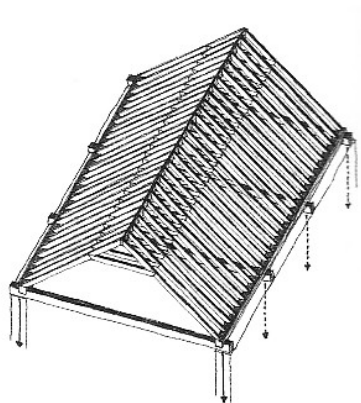


Figura 94. Armadura de par y nudillo.¹³⁹

Para conseguir una mejor estabilidad que en las armaduras de parhiera, se introduce un nuevo elemento: el nudillo. Éste se trata de un madero horizontal que traba cada pareja de pares aproximadamente a los dos tercios de su altura, consiguiéndose de este modo una reducción de los esfuerzos a flexión que debe soportar cada par, y en consecuencia proporcionando una sujeción más sólida que garantiza en mucha mayor medida el equilibrio final de la armadura.¹⁴⁰

Echando un vistazo a la enorme variedad de armaduras de cubierta que tenemos en España, podemos señalar con total seguridad que el sistema más empleado por nuestros carpinteros a lo largo de los siglos en que se ha empleado esta manera de solucionar las cubiertas de los edificios, es el de par y nudillo. A ello ha contribuido y en gran

¹³⁹ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 104.

¹⁴⁰ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 107.

medida la facilidad de incorporar la lacería en estas armaduras, además de las enormes variantes que nos ofrece este sistema constructivo que veremos más adelante.

Por tanto creo conveniente realizar un extenso análisis de Esta forma de resolver cubiertas que tanto arraigo tuvo fundamentalmente en la España de los siglos XVI y XVII.

3.4.1.1. ARMADURAS DE PAR Y NUDILLO.



Figura 95. Prefabricación de una armadura de par y nudillo¹⁴¹

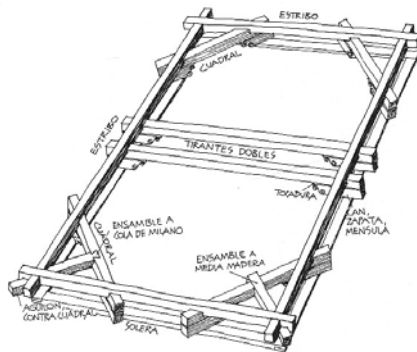


Figura 96. Estribado de una armadura de par y nudillos.¹⁴²

Aunque existen muchas teorías que suponen un origen musulmán de las armaduras de par y nudillo castellanas, éstas no tienen ninguna base científica ni técnica en la que sustentarse. Es más, podemos señalar con total certeza que esta forma de construir techumbres, muy común en el norte y centro de Europa, fue la preferida de nuestros carpinteros descendientes de los que ya trabajaban en la España visigoda. Es por ello que más parentesco tiene nuestra carpintería de armar con la carpintería europea que con la musulmana, a pesar de la corriente extendida que supone el origen musulmán de nuestra carpintería.

A pesar de su parentesco con las armaduras de pares europeas, nuestras armaduras de par y nudillo presentan una serie de variantes que las hace únicas. La principal de ellas radica en la forma de ensamblar el nudillo con los pares, motivada fundamentalmente por el deseo de prefabricar parcialmente la armadura. La prefabricación exigía un tipo de ensamble que permitiese bascular los faldones sobre el conjunto del almizate, el cual se disponía en su posición definitiva con un simple apeo provisional sobre los tirantes. Pero para poder realizar esta solución es necesario rebajar los laterales y el frente de los pares para que puedan ser abrazados por sendos “cornezuelos” que rematan los extremos de los nudillos, ejecutándose el corte de éstos de modo que se garantice de forma eficaz la transmisión de las compresiones producidas en estos nudos.¹⁴³

141 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 109.

142 NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 66.

143 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 110.

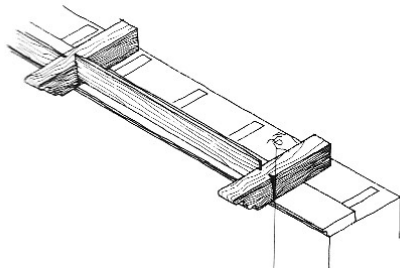


Figura 97. Sobre nudillos recibidos en la coronación del muro, se asienta la solera con las molduras más convenientes.

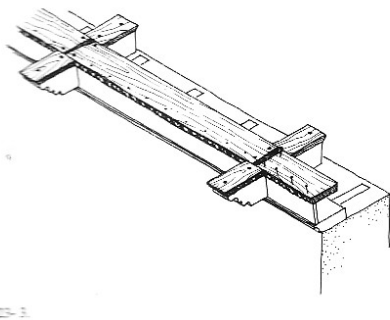


Figura 98. Sobre la solera se asientan los canes, y entre can y can se unas tablas delgadas llamadas aliceres. Y sobre los canes y aliceres se echa una moldura pequeña que ate toda la obra.

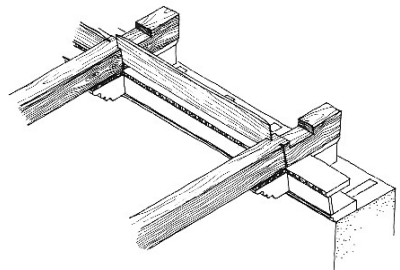


Figura 99. Sobre los canes se asientan los tirantes, y en ellas sus aliceres.

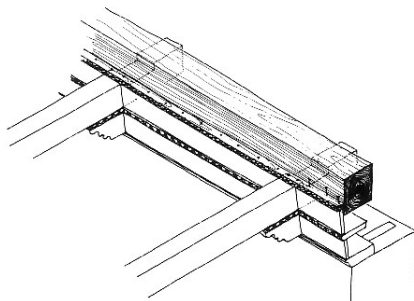


Figura 100. Finalmente se echa el estribo sobre los tirantes, terminando el proceso colocando sobre los aliceres de los tirantes, otra pequeña moldura que los guarnea por arriba.¹⁴⁴

Hasta el momento no hemos hablado de uno de los principales elementos de estas armaduras: los tirantes.

Este elemento resulta imprescindible en la constitución de este tipo de armaduras, aunque en determinados casos de edificios de pequeñas luces pueda llegar a ser prescindible su uso. Como ya hemos comentado al principio de este capítulo, la característica principal de las armaduras de pares es la presencia de importantes empujes horizontales, tanto mayores cuanto mayores sean las luces a cubrir por la armadura o cuanto menores sean las pendientes de sus faldones. Para paliar este problema se hace necesaria la construcción de un estribado que recoja los pares constituyentes de la armadura. Por tanto es lógico que estos estribos deban de estar imprescindiblemente atirantados, aunque como hemos comentado, en casos de estancias pequeñas puede llegar a ser suficiente para resistir los esfuerzos de flexión a que éste elemento está sometido, el atirantado que le proporciona los estribos de los testeros, prescindiendo en estos casos de tirantes intermedios.¹⁴⁵

En la figura que a continuación mostramos están indicados todos los elementos necesarios para realizar el estribamiento de una armadura de pares.

Para construir una armadura de par y nudillo, el carpintero debe recibir los muros de la obra perfectamente enrasados a nivel. Una vez cuente con ello, lo primero que debe hacer es recibir los nudillos en la coronación de los muros, que le deben servir como apoyo de las soleras que darán arranque a toda la obra de carpintería. En este punto es donde comienza el estribamiento de la futura armadura, tendiendo tirantes a lo largo de toda la nave que se pretende cubrir, en los que se realizan unos

144 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 115.

145 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 110.

cajeados en sus extremos para poder encajar con posterioridad los estribos, impidiéndose de esta forma que los estribos se desplacen como consecuencia de los empujes que le producen los conjuntos de pares de cada faldón lateral. En sus extremos, el atirantado se llevará a cabo con las piezas del propio estribo correspondiente al testero, de modo que se proporciona un apoyo horizontal al mismo nivel para los faldones testeros como para los faldones laterales o gualderas. En aquellos casos en que se quiera mejorar la indeformabilidad del estribamiento es muy conveniente recurrir al empleo de cuadrales, entendiéndose por tal una especie de estribos pero dispuestos a 45°.

En determinadas ocasiones podemos encontrarnos con un nuevo elemento, llamado aguilón, cuya función consiste en rigidizar la unión a medias maderas de los extremos del estribo ligándolo a su vez al cuadril.¹⁴⁶



Figura 101. Montaje de la cubierta por paños prefabricados.¹⁴⁷

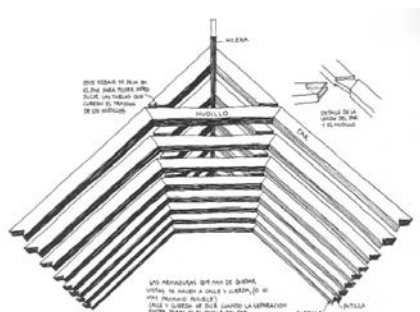


Figura 102. Detalle del encuentro entre los nudillos y los pares.¹⁴⁸

Una vez afianzado correctamente el estribo, se comienza el montaje de la armadura. *“El primer elemento que se coloca es el almizate, apoyado provisionalmente sobre un andamiaje que se asienta sobre los tirantes de la armadura, que también servirán de apoyo de todo el andamiaje auxiliar que sea necesario en el transcurso de la obra. Sobre este almizate se basculan los faldones laterales cuyas bases estarán afianzadas en los estribos; este proceso de montaje es el que obliga a adoptar la peculiar forma de ensamble entre nudillo y pares de las armaduras españolas, y ofrece la ventaja de poder prefabricar la armadura en grandes paños. Los pares tienen en su base un corte que les proporciona un plano horizontal de asiento sobre el estribo, y uno más corto vertical, que al apoyar sobre el lateral del estribo impide el desplazamiento hacia atrás debido al empuje”*¹⁴⁹.

Dichos pares pueden trabarse entre sí mediante peinazos de su misma sección, ensamblados a caja y espiga, formando una retícula que garantiza una buena unión de

146 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, pp. 114-116.

147 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 119.

148 NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 36.

149 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 118-119.

varios elementos, lo que permite prefabricar parcialmente los faldones, o ser independientes y trabarse solamente con la tablazón del trasdós, lo que ya no siempre permite la práctica de la prefabricación.



Figura 103. Armadura ochavada en la que se aprecia como los pares de los testeros se cortan tras su ensamble con los nudillos.¹⁵⁰

Colocados los faldones laterales con las gargantas de los pares perfectamente encajadas entre los cornezuelos de los nudillos, se clavan las cabezas de los pares sobre la hilera. De este modo, sólo queda para que la armadura esté terminada desde el punto de vista estructural, colocar los testeros de cada extremo, que como hemos dicho con anterioridad inferiormente apoyarán sus pares sobre los estribos de los extremos, y superiormente sus gargantas se trabarán sobre los cornezuelos practicados en los peinazos, que se encuentran trabados a los

nudillos finales del almizate. La longitud de los pares correspondientes a los faldones testeros apenas supera la necesaria para rebajar en ellos las gargantas, de modo que los pares de los testeros rara vez llegan a la hilera.¹⁵¹

Todo lo explicado hasta ahora corresponde al caso general de cualquier armadura, pero como es lógico existe una serie de variantes que generalmente están influidas por aspectos económicos.

Así es muy común observar en armaduras generalmente modestas cómo las soleras ejercen de estribos, colocándose los tirantes apoyados sobre éstas. Esta solución no es nada aconsejable, al igual que tampoco lo es el apoyar los tirantes directamente sobre la solera, en vez de hacerlo sobre zapatas o canes.



Figura 104. Detalle del apoyo de la viga en la ménsula.

Para evitar el contacto directo de los tirantes con los elementos de fábrica, y por tanto favorecer su ventilación en aras de una mejor conservación, era práctica muy habitual entre los carpinteros españoles apoyar los tirantes de la armadura sobre canes. Así pues existe en nuestro país una enorme variedad de soluciones de este tipo, al igual que ocurría en los forjados, aunque en los casos de armaduras de cubierta estos canes no tenían la entidad y vuelo que precisaban los que se empleaban en

150 NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 119.

151 NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 118.



Figura 105. Canecillos prefabricados del artesanado del hotel la Casona del Arco.¹⁵²

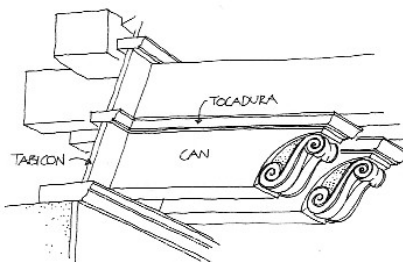


Figura 106. Detalle del apoyo de los tirantes de la armadura en los canes o ménsulas.¹⁵³

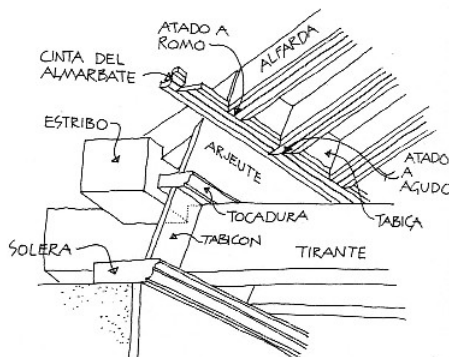


Figura 107. Detalle de las piezas que constituyen el estribado de una armadura de pares.¹⁵⁴

la construcción de los forjados para reducir la luz de trabajo de las vigas del forjado. Esto se debía a que el tirante no tenía más carga que su peso propio, a diferencia de las viguetas constituyentes de los forjados que además debían de soportar el peso propio del forjado. Los carpinteros eran muy conscientes de la importancia que tenía evitar la pudrición del enclave de los estribos, ya que la estabilidad de toda la armadura dependía de la resistencia de los extremos de los tirantes, situados en zonas muy críticas donde era muy frecuente la acumulación de aguas provenientes fundamentalmente de inevitables goteras.

El modo más correcto de resolver el apoyo de los tirantes en los canes, aunque más caro y por tanto reservados a edificios de gran poder económico, es el de colocar bajo el tirante dos órdenes superpuestos de canes, separados entre sí por una madera moldurada por sus bordes que recibe el nombre de tocadura. Para ocultar al espectador toda la obra de infraestructura de la armadura, se sitúan tablas delgadas entre can y can, denominadas aliceres, encajadas en ranuras practicadas en las caras de los canes. Es aquí donde se entiende el empleo de las tocaduras, ya que se convierten en un elemento esencial para darle continuidad al conjunto. A todo este conjunto se le conoce como *arrocaba*.¹⁵⁵

También forma parte de la *arrocaba* las soleras, cuya cara exterior se suele moldurar con objeto de embellecer el conjunto, y la pieza de remate del alicer más alto, denominada cornisa o *argeute*, pieza cuyo borde superior coincide con el inferior de la cinta de almarbate, o pieza horizontal visible más baja de los faldones.

¹⁵² www.artesonados.es

¹⁵³ NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 166.

¹⁵⁴ NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 166.

¹⁵⁵ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, pp. 119-120.

En armaduras valiosas es muy frecuente encontrar tirantes dobles. El origen de esta decisión no se sabe muy bien si se debió a la precaución por evitar un posible colapso en caso de que fallase alguno de los tirantes, o a la costumbre de utilizar la lacería como elemento de decoración sistemática en nuestra carpintería, lo que obligaba a duplicar todos los elementos que constituían la armadura.

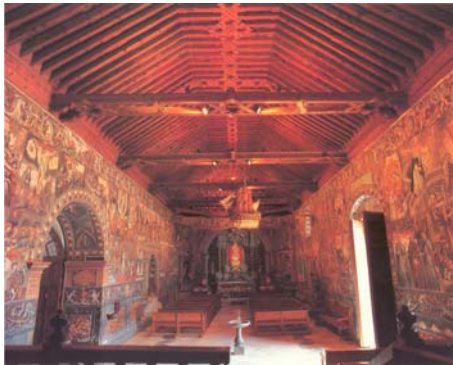


Figura 108. Tirantes dobles del convento de la Santa de Totana.

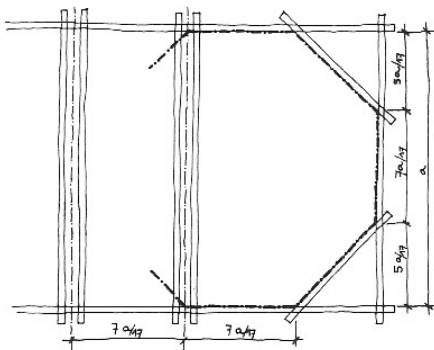


Figura 109. Separación óptima de los tirantes.¹⁵⁶



Figura 110. Iglesia en la Habana, donde el autor llena de ménsulas sin sentido el tirante y el arrocabe de la armadura.¹⁵⁷

En el caso de armaduras sencillas sin lazo, es muy normal que los tirantes sean simples, pero en este caso los tirantes se disponen más próximos entre sí. La separación de los tirantes es un apartado de gran importancia que llevó al carpintero español a calentarse la cabeza en busca de obtener una que permitiese que todos los estribos trabajasen en las mejores condiciones. Así se llegó a la conclusión de que la separación entre tirantes óptima es aquella definida por las dimensiones de un octógono inscrito en el testero de la estancia cubierta, de modo que también sirve para definir la posición de los cuadrales cuando estos existan. La regla tiene una enorme lógica, ya que de este modo todos los estribos trabajan en las mismas condiciones, ya se trate de un tramo de los testeros o de un tramo de las gualderas.

Pero no siempre se puede aplicar estrictamente esta regla ya que las diferentes longitudes de las armaduras no admiten siempre un reparto en su longitud que coincida con el lado del octógono inscrito en su testero, pero sirven de referencia para adecuar el reparto de sus tirantes.

En cualquier caso, y en contra de lo que sucede en muchos edificios en Canarias o en América, donde el control gremial nunca pudo ser tan rígido como en la península, en la carpintería ortodoxa, la distribución de los tirantes nada tenía que ver con la disposición

¹⁵⁶ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 122.

¹⁵⁷ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 123.



Figura 111. Sobrecubierta apoyada sobre la armadura principal que llega hasta el borde del alero.¹⁵⁸



Figura 112. Detalle constructivo del arranque de la sobrecubierta.¹⁵⁹



Figura 112. Sobrecubierta formada por armadura independiente.¹⁶⁰

arquitectónica que hubiera debajo de la estructura de madera.¹⁶¹

Para finalizar lo relativo al conjunto de elementos constituyentes del esquema estructural de las armaduras de par y nudillo, vamos a comentar la existencia, en algunos casos, de una sobrecubierta situada sobre la armadura valiosa, y que cumple fundamentalmente dos misiones: por un lado crear una cámara más o menos ventilada sobre la armadura vista, y por otro extender el plano del faldón hasta el paramento externo de los muros de apoyo, consiguiéndose de este modo una evacuación eficaz de las aguas de lluvia. En el caso de la Concepción de Caravaca, como en muchas otras iglesias o edificios resueltos con esta hermosa técnica, esta sobrecubierta es la que ha permitido que se conserve hasta nuestros días el artesonado, ya que sin ella la armadura no hubiera soportado a lo largo de tantos siglos el nocivo efecto de la lluvia.

Existen dos formas de resolver esta sobrecubierta: por un lado podemos encontrarnos los contrapares que forman esta sobrecubierta continuos desde el alero a la hilera, o por otro lado quebrando dicho plano, de manera que los contrapares sólo alcancen una parte intermedia de los faldones, consiguiéndose así un importante refreno que colabora a una mejor sujeción del conjunto de tejas.

Esta segunda piel protectora puede ser sustituida por una segunda armadura realizada de forma independiente a la del artesonado visto. Con esta solución se consigue una mejor ventilación de la armadura valiosa, y por tanto su madera se conservará en buenas condiciones incluso

¹⁵⁸ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 131.

¹⁵⁹ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 131.

¹⁶⁰ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 134.

¹⁶¹ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, pp. 121-122.

ante la existencia de goteras. Con este tipo de soluciones se consigue que aunque se produjese algún defecto que permitiese la entrada de agua, la madera constituyente de la armadura importante quedaría ventilada, y aún en el caso de encontrarnos con tejados defectuosos que se viesen afectados por lluvias, con el consiguiente remojo de la armadura, su secado será relativamente rápido una vez cese la lluvia. No ocurre lo mismo con la sobrecubierta que al no quedar ventilada por todas sus caras verá como su madera será presa del ataque de los agentes xilófagos.

Aún así esto es un problema menor, ya que al tratarse la sobrecubierta de un entramado tosco y sencillo no requiere de carpinteros especializados para su reparación, siendo aún más fácil su reparación en el caso de que la sobrecubierta se trate de una estructura independiente. Además con esta solución podemos tener un control más eficaz sobre el estado de conservación de todas las armaduras del conjunto.¹⁶²



Figura 113. Chillas cuajando el espacio dejado entre los distintos pares.

Solamente falta explicar la forma de cuajar el espacio que queda entre los elementos estructurales de la armadura. Para cuajar dicho trasdós podemos aplicar las mismas soluciones que las mencionadas a la hora de resolver los forjados. Así pues la más simple consiste en colocar tablas de anchura mayor que la existente entre pares y dispuestas según la pendiente del faldón. El inconveniente de esta solución es que no proporciona arriostramiento transversal al conjunto de la armadura. Éste problema presenta fácil solución, y esta consiste en disponer las tablas del trasdós de forma perpendicular a los pares, ya sea juntando las tablas a tope o mediante un machihembrado. Pero tal y como ocurre con los forjados de piso, los carpinteros castellanos idearon soluciones alternativas con la finalidad de conseguir una mayor estanqueidad de la superficie cuajada (ya que como hemos comentado con anterioridad la madera presenta la problemática de la merma sufrida durante su secado), además de alcanzar un mayor valor estético en estas armaduras.

La solución adoptada por los carpinteros presenta una ligera cantidad de variantes, encontrándose en primer lugar las más sencillas consistentes en la colocación de tablas transversales cuya única particularidad decorativa es que presenta todos sus bordes biselados, del mismo modo que se colocaban las cintas de un forjado de cinta y saetino, e intercalando entre las mismas, entre el

162 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 124-131.

plano inferior de las tablas del trasdós y la cara superior de los pares, los correspondientes saetinos.



Figura 114. Trasdoso de la cubierta de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz.

Otra forma más compleja pero a su vez mucho más refinada, es la de recortar los bordes de las cintas entre par y par, repitiendo el proceso por simetría en la cinta contigua. Las cintas empleadas se pueden disponer de dos formas: o bien colocarse juntas con sus bordes recortados, en cuyo caso éstos tendrán alguna forma geométrica, o bien colocando las cintas con una ligera separación apareciendo en estos casos los saetinos. En este último caso, a diferencia de lo que ocurre con los forjados de piso, la separación que se utiliza entre cintas constituyentes de faldones de armadura es mayor que la que presenta los pares entre sí. En este tipo de solución sólo falta cerrar superiormente los huecos dejados entre cintas, para lo cual se clavan tablas de ancho ligeramente superior a la separación entre pares.¹⁶³

Esta forma de resolución de faldones de armadura es la que se emplea en la iglesia de la Concepción de Caravaca para resolver precisamente los faldones inclinados de su cubierta, no así el almizate que se resolverá mediante la técnica de la lacería que analizaremos con mayor detenimiento en el capítulo siguiente.

3.4.1.2. ESQUEMAS FORMALES DE LAS ARMADURAS DE PAR Y NUDILLO.

Hasta el momento, y con el objetivo de una mejor comprensión, hemos comentado fundamentalmente los casos de cubiertas a dos aguas y en algún caso a cuatro aguas con objeto de introducir el concepto de los faldones testers. Pero el esquema general de organización de estas armaduras cuenta con la enorme variedad que seis siglos de práctica carpintera nos ha legado. Así las modificaciones surgidas unas veces deberán a la solución a algún problema técnico, y otras simplemente por la imaginación del carpintero cuyo objetivo no es otro que la obtención de nuevos resultados estéticos.¹⁶⁴

Dentro de este apartado relativo a los esquemas formales de las armaduras de cubierta denominada de par y nudillo, podemos distinguir dos tipologías:

A continuación vamos a ver las diferentes variantes que nos ofrecen las cubiertas desde el punto de vista de su configuración externa.

¹⁶³ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 134.

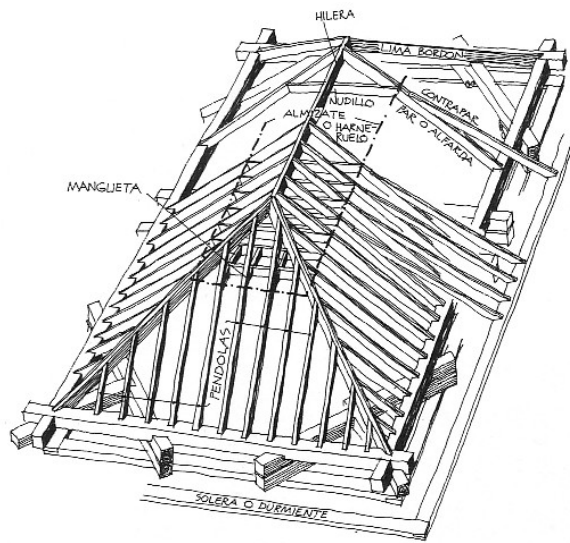


Figura 115. Armadura a cuatro aguas con limas bordones.

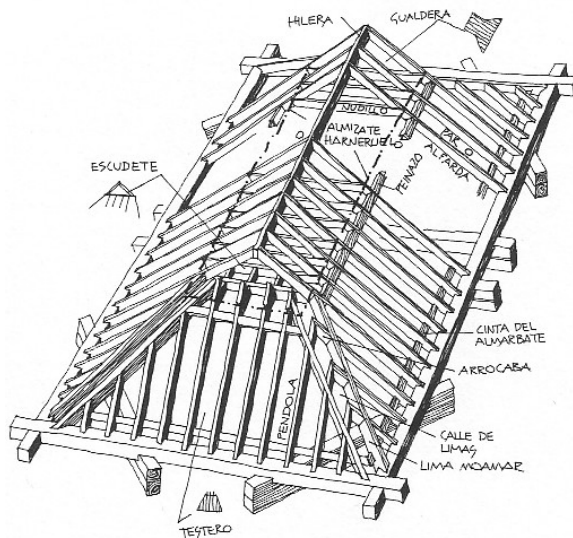


Figura 116. Armadura a cuatro aguas con limas moamares. ¹⁶⁵

La primera variante de las armaduras a dos aguas surgirá al ampliar el número de faldones de la techumbre. Los casos más simples son aquellos en los que las techumbres se encuentran exentas, es decir sin interferencia de cuerpos adosados más altos. En estos casos el proyectista será el encargado de diseñar una cubierta a dos aguas o a cuatro. En el caso de diseñar una cubierta a cuatro aguas, ésta podrá ser con limas bordones, es decir con limas únicas, o con limas moamares, en cuyo caso las limas serán dobles. Este segundo caso es una variante típicamente española y es la base de la prefabricación de los paños, que sin duda es una de las grandes características de nuestra carpintería de armar. Además las limas moamares fueron la causa de la gran profusión de la carpintería de lazo como veremos más adelante. En las siguientes figuras acompañamos los dibujos con los nombres de cada una de las piezas que constituyen las armaduras de cubierta, para una mejor comprensión de ellas.

En armaduras adosadas por un testero a un cuerpo más alto, caso típico en naves de iglesias en el encuentro de la nave con el

crucero, puede aparecer en el testero opuesto, un tercer agua, correspondiente a un faldón que con frecuencia es imposible repetir junto al crucero, por la existencia de un arco toral cuya clave suele estar cerca del plano de los nudillos; otras veces, la simple funcionalidad de la armadura hace prescindir de este posible cuarto faldón.

164 NUERE MATAUCO, E., *Elementos de madera...*

165 NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 67.

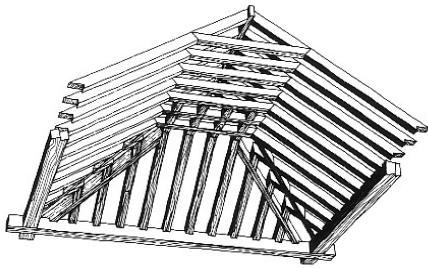


Figura 117. Armadura de par y nudillo de tres aguas¹⁶⁶



Figura 118. Uno de los doce gajos constituyente de la armadura de media naranja del Salón de Embajadores de los Reales Alcázares de Sevilla.¹⁶⁷

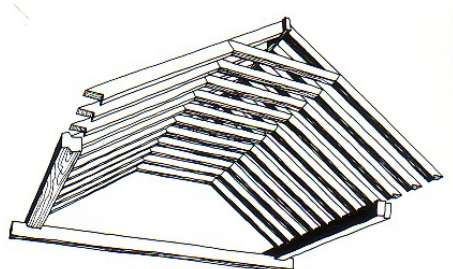


Figura 119. Armadura de par y nudillo a dos aguas.¹⁶⁸

Es de lógica que modificando la disposición en planta de los muros que sirven de apoyo a estas armaduras de cubierta se obtenga distintas configuraciones externas de cubiertas, surgiendo así las armaduras de planta poligonal, generalmente regular, de múltiple número de lados, siendo las más frecuentes las de seis, ocho y doce faldones.

Ahora bien, al igual que hemos visto como la carpintería se puede adaptar a plantas poligonales a la hora de resolver su configuración externa, también es posible emplear este recurso como simple fórmula decorativa del espacio interior, aunque ello no repercute a la hora de su conformación externa.

*“Así aparecen armaduras triangulares o incluso de hasta dieciséis lados. La culminación de todos los alardes consistirá en llegar a la forma cupular, superando la discontinuidad que producen los quiebras de las soluciones poliédricas, lo que se conseguirá a base de construir la armadura por gajos con superficie curvada, en un intento de desarrollo de la esfera”.*¹⁶⁹

Las variantes pueden estar provocadas por cambios en la sección transversal de la armadura, teniendo como finalidad cubrir luces mayores, o simplemente enriquecer el juego geométrico de las posibles trazas de lacería.

Partiendo de la tradicional armadura de par y nudillo se obtiene la armadura más simple, la de tres paños. Esto se debe a la forma de “A” que presenta su sección y por la cual el espectador que observa la armadura desde el interior aprecia tres paños, los dos inclinados compuestos

166 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 112.

167 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 148.

168 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 113.

169 NUERE MATAUCO, E., *Elementos de madera...*,

por los conjuntos de pares, de los que sólo apreciamos el tramo que queda bajo los nudillos, y el plano horizontal formado por el conjunto de nudos, que recibe el nombre indistintamente de almizate o harneruelo.

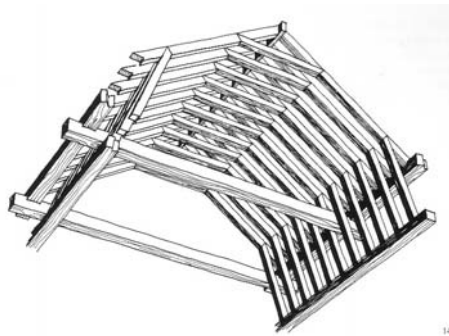


Figura 120. Armadura de cinco paños, obtenida al tornapuntar sus pares, proporcionándose así nuevos faldones, y en definitiva aumentar la luz cubierta.¹⁷⁰

Una forma sencilla de aumentar los paños de la armadura se consigue tornapuntando los faldones de una armadura de tres paños, sin más que incorporar a cada par un nuevo par que actúa como jabalcón, requiriendo un nuevo estribo en que apoyarse.

Esta solución nos permite aumentar la luz de la armadura sin necesidad de aumentar la sección de los pares, ya que proporciona un apoyo intermedio a los pares, reduciendo considerablemente su esfuerzo a flexión. En estas armaduras, los empujes importantes siguen estando en el arranque de los pares principales por lo que el estribo que debe atirantarse es el que se encuentra en un nivel más alto, obligando a colocar los tirantes a la altura del estribo alto.

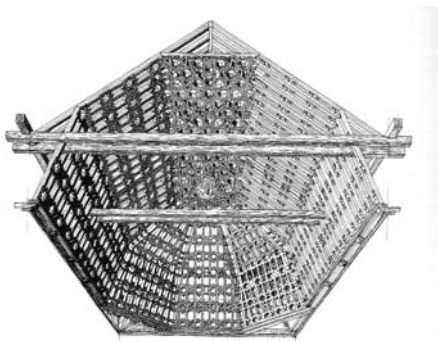


Figura 121. Armadura de cinco paños resuelta con trazado de lacería.¹⁷¹

Esto provoca que los tirantes tengan que atravesar los paños más bajos, perjudicando el aspecto estético de la armadura. Para resolver este “defecto estético”, existen diversas soluciones, desde la sustitución de tirantes de madera por otros de hierro forjado, hasta la supresión del tirante de modo que se desvíe la resultante de esfuerzos de la armadura haciéndola pasar por el interior de los muros, sin perjudicar su equilibrio. Esto último se suele conseguir con el peso propio de la fábrica existente entre los dos estribos de esta armadura, pero en algunos

casos, suele ser necesaria la colaboración de una aportación de peso mayor, por lo que se suele seguir levantando fábrica por encima del estribo superior y a una determinada altura se coloca otra armadura cuya única función es la servir de cobertura. Por el mismo procedimiento obtenemos la armadura de siete paños e incluso la de nueve paños.

¹⁷⁰ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 113.

¹⁷¹ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 138.

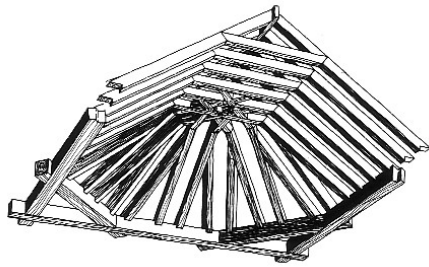


Figura 122. Armadura ochavada obtenida a partir de los cuadrales.¹⁷²

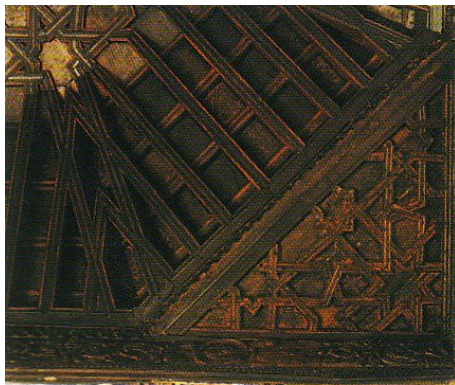


Figura 123. Pechina plana del Palacio Fonseca en Santiago de Compostela.¹⁷³



Figura 124. Pechina agallonada de la escalera de la universidad de Oñate.¹⁷⁴

También son habituales en nuestra carpintería las armaduras ochavadas, que como su propio nombre indica presentan ocho planos. Estas armaduras se forman a partir de la colocación de cuadrales en una estancia cuadrada o rectangular.

“La existencia de cuadrales plantea dos alternativas: la primera es la de quedar vista como un elemento auxiliar, pero sin que su existencia altere la configuración de sus paños constituyentes de la armadura, siendo este el caso de las armaduras “cuadradas”, denominadas así tanto en el caso de cubrir una estancia cuadrada como una rectangular, pero siempre con faldones cuya base ocupen la totalidad del estribo del testero. La otra opción es la de crear nuevos paños coincidentes con cada uno de los cuadrales, lo que equivale a ochavar el testero de la armadura”¹⁷⁵.

En este último caso, el triángulo que se forma entre las paredes y el cuadrado hay que taparlo, a no ser que los muros sobre los que se apoya la armadura presenten una forma ochavada, caso muy poco frecuente. El elemento que se utiliza para tapar dicho espacio recibe el nombre de pechina, y puede resolverse de múltiples formas: puede ser plano y colocarse en un plano horizontal, cubriendo la cara inferior del cuadrado, o bien dejar este visto, colocándolo más alto, es decir, en un plano rehundido respecto de aquel. Otra variante es la de colocarlo en un plano inclinado, de modo que permite convertir la pechina en un triángulo equilátero, o adoptar la forma de trompa esférica o agallonada. Por tanto se puede apreciar que las pechinas se pueden resolver con total libertad, dejando su solución en manos de la imaginación del carpintero.¹⁷⁶

172 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 112.

173 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 124.

174 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 127.

175 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 122.

176 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, pp. 122-128.



Figura 125. Artesonado de Alacuas.

“Es fácil imaginar las posibilidades que ofrece la combinación de soluciones de todos los casos mencionados, y si además jugamos también con la incorporación de la lacería, y tratamos de adaptar la forma de los paños de la armadura a la trama geométrica del trazado de lazos escogido, la armadura será consecuencia del propio trazado, quien al imponer su ley formal, configura el poliedro que da forma a la armadura. Si bien este proceso requiere una cierta experiencia por parte del carpintero, no cabe duda que abre un amplio campo de vistosas soluciones”.¹⁷⁷



Figura 126. Armadura rectangular ochavada de una de las salas del edificio Cisneros en Alcalá de Henares.

¹⁷⁷ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, pp. 122-124.

3.4.2. ARMADURA DE CORREAS.

Este tipo de armaduras se caracterizan por la ausencia de empujes horizontales en los muros que sirven de apoyo a estas techumbres. El elemento diferenciador de este grupo de armaduras es el empleo de correas, las cuales requieren de apoyos intermedios mediante estructuras trianguladas, generalmente a base de cerchas o tijeras, resueltas con madera.



Figura 127. Armadura de correas realizadas con cerchas de madera.



Figura 128. Detalle de la triangulación de las cerchas



Figura 129. Cerchas de madera de gran ligereza en la antigua serrería de Valsain.¹⁷⁸

La principal ventaja que aportan las armaduras resueltas mediante esta técnica, es la de que las maderas que la constituyen trabajan fundamentalmente a tracción y compresión, pasando la flexión a ocupar un papel secundario. Esto sólo se consigue realizando las uniones de las distintas maderas de una forma correcta, y con frecuencia precisan la colaboración de elementos férreos auxiliares.

“Esta solución era perfectamente conocida en el mundo romano, y en concreto en Roma, donde llegaron a cubrir con este sistema naves de cerca de treinta metros de luz, existiendo suficiente iconografía de las cerchas empleadas en las basílicas de San Pedro o San Pablo, como para poder juzgar el nivel técnico alcanzado por los carpinteros del mundo romano”.¹⁷⁹

La forma triangulada mas elemental es la simple tijera, encontrando generalmente en estas estructuras un esquema aparentemente híbrido entre las soluciones de pares y las de correas. La forma de trabar los dos pares que forman cada tijera es muy propicia para montar una cumbrera a caballo entre esta unión, pero que en este caso no recibe el nombre de hilera, y que tiene como función proporcionar un segundo apoyo a pares cuyos extremos inferiores descansan sobre los muros.

¹⁷⁸ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 99.

¹⁷⁹ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 95.



Figura 130. Otro ejemplo más de cerchas de madera sobre la que apoyan las correas

Para acortar la luz de estos pares, es muy frecuente la disposición de una o más correas, siendo la diferencia fundamental de esta solución respecto de la de armadura de pares, la prácticamente nula transmisión de empujes al muro, debido a poder colgar los pares sobre la cumbrera y también sobre la correa o correas intermedias.

“El mundo romano difundió la práctica de utilizar las cerchas como elemento esencial de las grandes techumbres por todos sus dominios. Indudablemente la España romanizada debió conocer perfectamente este sistema constructivo, a pesar de que a partir de la edad

*media fuera relegado a lugares en que no debía quedar visto, por prevalecer para este fin las armaduras de pares de origen centroeuropeo”.*¹⁸⁰

No ocurrió lo mismo en el mediterráneo de la península, donde estuvo más extendida la resolución de armadura de cubierta mediante esta técnica que mediante el sistema de pares. No se sabe con certeza cuales pudieron ser las razones que motivaran esto pero todo apunta a que debió influir la menor disponibilidad de la madera, o tal vez la falta de carpinteros especializados, lo que paulatinamente condujo a la sustitución de las cerchas por arcos diafragma, solución que economiza madera pero que implica reforzar los muros en la zona de los arcos.



Figura 131. Prefabricación de cerchas de madera

En España, las armaduras resueltas con cerchas trianguladas no fueron las preferidas para resolver techumbres que debieran quedar vistas, ya que lo que se pretendía en estos casos era la consecución de una cierta vistosidad de la armadura, siendo en estos casos más aconsejables el empleo de las armaduras de pares. No era por tanto, como muchos estudiosos afirman, por desconocimiento de la técnica precisa para realizarlas o porque se desconociera su existencia. De hecho se

pueden encontrar este tipo de soluciones en techumbres no vistas, tal vez como soluciones estrictamente funcionales, pero también aparecen en su forma más elemental de tijeras en iglesias humildes, sobre todo en Galicia, y en algunos casos en basílicas como la de Santullano, constituyendo ésta un claro ejemplo de las formas romanas de construir.

¹⁸⁰ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 97

3.4.3. FORJADOS INCLINADOS.



Figura 132. Solución de forjados inclinados apoyados en arcos diafragma.



Figura 133. Nave lateral de la iglesia parroquial de Brazuelo (León)¹⁸¹

Este tipo de soluciones, aunque pueden emplearse como techumbres en edificios, no constituyen auténticas armaduras de cubierta. Se trata de una variante de los forjados de piso que se obtiene simplemente inclinando su original plano horizontal, adoptando de esta manera una configuración similar a las auténticas armaduras de cubierta, y llegando en muchos a casos a confundir al espectador. Dentro de esta tipología podemos diferenciar dos tipos en función de cómo se dispongan las vigas respecto de los muros de apoyo.

La más sencilla es la de disponer las vigas horizontales sobre hastiales de fábrica o arcos diafragma cuyas superficies horizontales están inclinadas para proporcionar la pendiente de la cubierta. La otra opción es la de disponer entre muros cuyas coronaciones se encuentran a distinto nivel las vigas inclinadas. Según se emplee una u otra solución, las vigas reciben un nombre, denominándose correas a las vigas dispuestas horizontalmente sobre los hastiales, y pares a las que se disponen inclinadas sobre muros a distinta cota.¹⁸²

Un problema técnico que surge a la hora de realizar ambos tipos de techumbres, es la de realizar el apoyo sobre los muros. En primer lugar vamos a ver las distintas posibilidades que podemos adoptar a la hora de trabajar con correas. El principal inconveniente que nos plantea el empleo de la correa es que su sección se encuentra girada respecto al plano vertical, de modo que tendremos que adoptar distintas soluciones en función de la pendiente de la cubierta.

Así para pendientes pequeñas, la colocación más favorable de la correa será de canto, de modo que apoye en su lado menor, lo que implica en estos casos, la utilización de pequeños cartabones de madera llamados egiones para evitar su vuelco, ya que en estos casos el principal inconveniente es que se penaliza el apoyo de la correa. En caso de pendientes mayores, será

¹⁸¹ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 91.

¹⁸² NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 87.

aconsejable disponer la correa apoyada sobre su tabla ya que así se puede clavar con mayor facilidad sobre la superficie de apoyo.

En el caso de resolver la techumbre mediante pares, la principal precaución consiste en garantizar la ausencia de empujes en el arranque de los mismos, ya que ello conlleva, casi con toda seguridad, al deslizamiento de todo el faldón. Para evitar este problema debemos cortar los apoyos según un plano horizontal, y luego clavarlos a sendas soleras colocadas bajo los mismos.



Figura 134. Tablazón que servía de soporte a la teja en la iglesia parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz.

Resuelto este tipo de techumbres desde su punto de vista estructural, solo falta cuajar su entrevigado para la colocación de su cubierta protectora. Para ello nos valen las mismas soluciones que mencionamos para la resolución del entrevigado de los forjados de piso. La única diferencia formal que existe respecto de los forjados de madera, es la de colocar la última tablazón que sirve de soporte a la teja, en el caso de que ésta se coloque directamente sobre estructura y no contemos con una sobrecubierta. Para resolver esta tablazón, la solución

más óptima es la de disponer la tablazón en sentido horizontal comenzando desde la cumbrera y acabando en los aleros, de manera que vayamos montando cada nueva tabla sobre la inmediata superior, garantizando de este modo que en cada hilada se cree un resalto que proporcione una mejor sujeción de la arcilla que se emplee para la sujeción de la teja.



Figura 135. Interior de la nave central de la iglesia parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz.

Esta forma de resolver techumbres también plantea algunas variantes. Así, en determinados casos las correas más cercanas a la cumbrera se unen mediante tablazón, constituyendo un paño horizontal muy similar al almizate de las más complejas armaduras de par y nudillo, pero que no podemos confundir con él, ya que aunque estéticamente puedan parecer iguales, en realidad su construcción no tiene nada que ver. Con esta solución lo que se pretende es evitar el rincón agudo que forman los dos faldones en su encuentro con la cumbrera, y por tanto su principal finalidad es aumentar el valor estético del interior de estas techumbres.¹⁸³

183 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, pp. 90-91.



Figura 136. Las tablas del trasdós se colocan directamente sobre los pares.

Respecto a las techumbres resuelta con pares no debemos confundirlas con las armaduras de pares, y una manera muy fácil de reconocerlas es la de observar el corte que se le da en el apoyo de los pares. Los pares empleados en la construcción de forjados inclinados se caracterizan por el corte horizontal de sus apoyos que evitan la transmisión de empujes a los muros y por tanto las hace diferentes a los de la armadura de pares cuya característica es la existencia de importantes empujes

horizontales, que hacen necesario su correspondiente estribado. Además, por lo general, esta solución de techumbres inclinadas realizadas con pares, se suele emplear en las naves laterales de las iglesias, bien dando continuidad a la cubierta de la nave central, bien dispuestas en un nivel más bajo con lo que permiten la entrada de luz en la nave central, caso de la estructura basílica típica.¹⁸⁴

184 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 91.

4. LA CARPINTERÍA DE LAZO EN LA COMPOSICIÓN DE LAS ARMADURAS DE CUBIERTA DE MADERA.



Figura 138. Armadura del templo de San Juan de los Reyes, Toledo.



Figura 139. Armadura de cubierta de la Universidad de Alcalá de Henares.



Figura 140. Armadura mudéjar hallada en México.

Es muy difícil establecer con precisión el momento concreto en el que se introdujeron los motivos de lacería en los elementos estructurales de las armaduras de cubierta, teniendo como principales punto de partida la existencia de ejemplares del siglo XIV, y la certeza de que durante el siglo XV, bajo el poder Trastámara, surgieron los mejores ejemplares que hoy conocemos.

*“La carpintería de lazo se trata de una de las manifestaciones carpinteras más ricas del continente europeo, cuya aceptación fue tal que este modo de organizar techumbres prevaleció por encima de estilos y modas, conviviendo en lo temporal ya con el gótico, ya con cualquiera de las arquitecturas realizadas hasta bien entrado el siglo XVIII, sin dejar de utilizarse en los siglos intermedios”.*¹⁸⁵

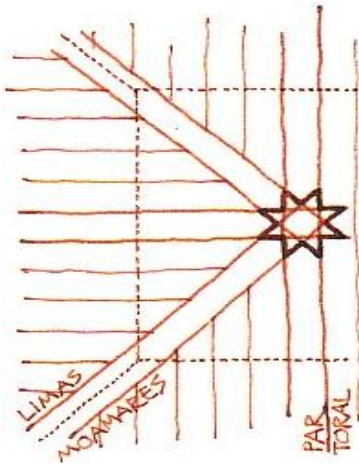
Desde el punto de vista de su extensión territorial, podemos encontrar ejemplares por todo el territorio nacional, pero si que es verdad que tuvo una mayor profusión en las tierras pertenecientes a los dominios de Castilla. Aún así, y como claro ejemplo de la aceptación de esta manera de resolver techumbres, existen numerosos ejemplos en las Canarias y en América, incluso en tierras portuguesas como consecuencia del corto período en que Castilla y Portugal estuvieron unidos.¹⁸⁶

185 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 193.

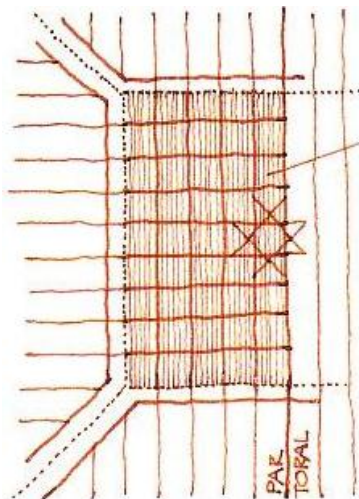
186 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, pp. 193-194.

4.1. INTRODUCCIÓN DE LOS MOTIVOS DE LAZO EN LA CARPINTERÍA DE ARMAR ESPAÑOLA.

La incorporación a la carpintería de armar española de los complejos trazados de la geometría nazarí, sólo se pudo conseguir gracias a la predisposición de los carpinteros españoles para resolver el género de dudas que ello conllevaba.



Uno de los motivos que favoreció la incorporación de estos trazados a nuestra carpintería fue el ensamble típico de nuestras armaduras de par y nudillo y mediante el cual se facilita la prefabricación de los faldones de la armadura. Así pues, y aunque hay una fuerte tendencia a creer en el origen musulmán de esta forma de resolver las techumbres de los edificios, es más que factible creer en un origen castellano.



Pero independientemente de su origen, el hecho de construir las armaduras en paños independientes fue el factor fundamental de su evolución y el motivo de que el lazo adquiriese la importancia que llegó a alcanzar durante siglos. La prefabricación de armaduras trajo consigo que las estructuras obtenidas a raíz de ellas cumplieran una serie de características que las hacía diferentes de las fabricadas en los países centroeuropeos.¹⁸⁸

Así pues podemos señalar como en las armaduras cuadradas o rectangulares castellanas, los paños de los testers no llegan a la cumbrera sino que apoyan su extremo superior en los extremos del almizate, que deberá de realizarse de modo que esta solicitud no le afecte perjudicialmente. La medida adoptada por los carpinteros para resolver este problema se obtiene reforzando estas zonas extremas mediante peinazos trabados a los nudillos, que tendrán la misma sección que éstos.

Lo que seguramente no sabrían los carpinteros castellanos en su día es que la solución de este problema les serviría de base para realizar los complejos trazados de lacería. De la intervención

Figura 141. Esquemas que muestran como la paulatina introducción de peinazos (elementos resistentes) sirvió para realizar con posterioridad los complejos trazados de lacería.¹⁸⁷

187 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 198.

188 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 195.

anterior se obtiene una retícula cuadriculada, muy propicia para convertirla en un conjunto de estrellas de ocho sin más que realizar los rebajes necesarios en sus caras vistas y colocando pequeñas tablas recortadas con las formas de las puntas de las estrellas.

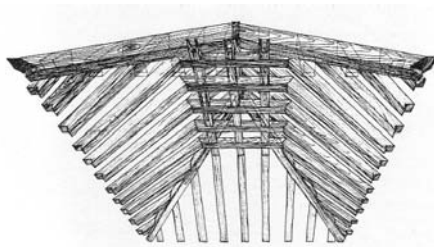


Figura 142. Almizate reforzado por peínazos trabados perpendicularmente a los nudillos.¹⁸⁹

Lo que en un principio surgió como una solución a un problema estructural, como era contener los empujes de los pares de los testeros, se solucionó además con un gran acierto estético, lo que motivó que se aplicase por igual en más zonas del almizate, llegándose a cuajar la totalidad del mismo. Por esta misma razón pudo desarrollarse también en los faldones, los cuales también requerían de una determinada rigidez para manejarse en conjuntos de grandes dimensiones.¹⁹⁰

Para comprender mejor lo comentado anteriormente a continuación mostramos una secuencia gráfica que resume lo expuesto de una manera más clarividente.

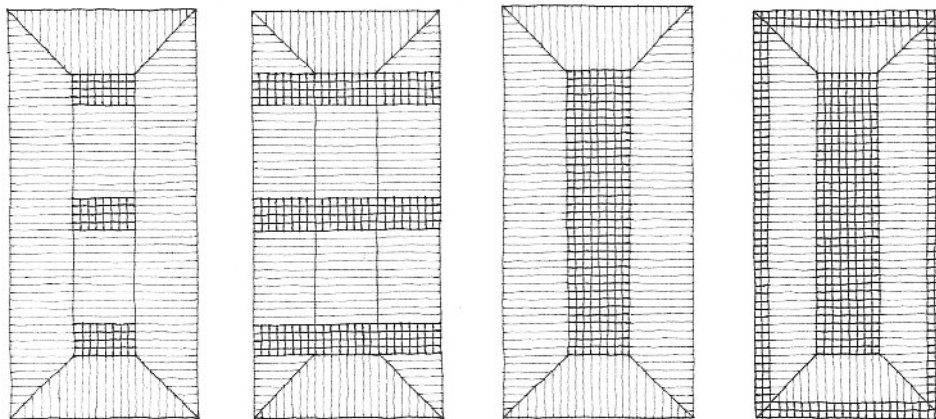


Figura 143. Esquemas que muestran como de la utilización de la lacería como elemento de refuerzo en los extremos de un almizate, se puede llegar a repetir sus motivos con función decorativa en el resto del almizate o en la totalidad de los faldones.¹⁹¹

De lo comentado hasta ahora, conviene señalar la influencia que tiene la prefabricación a la hora de construir este tipo de armaduras. Ello se deduce de la relación existente entre la necesidad de crear elementos prefabricados rígidos compuestos por una retícula de nudillos y peínazos que se ensamblan a caja y espiga, y el hecho de poder realizar estos trabajos en un banco en lugar de en

189 NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 46.

190 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, pp. 197-200.

191 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 199.

las peligrosas alturas, permitiendo al carpintero castellano plantear la incorporación de un trabajo decorativo completo, impensable en armaduras construidas in situ.

*“Con independencia de la forma concreta de los trazados geométricos que decoren las obras de carpintería, la esencia de la lacería consiste en simular con los maderos de la armadura cintas sin fin que discurren por todo el trabajo, y que va formando parte de un determinado dibujo, regulado o no por una determinada ley geométrica, imitando así los motivos ornamentales tan frecuentes y arraigados en la decoración medieval”.*¹⁹²

Estos trazados de lacería se habían realizado en diversos materiales, madera, piedra...y por tanto, parece sensato suponer que no necesitaron mucha influencia extraña para que los carpinteros castellanos optasen por ellos.

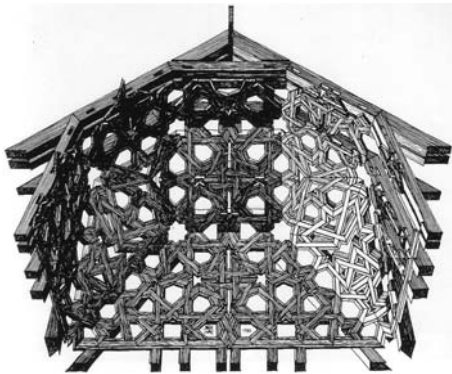


Figura 144. Armadura de cinco paños cuadrada por abajo y por arriba, y ochavada por el medio, empleando para su decoración motivos de lacería.¹⁹³

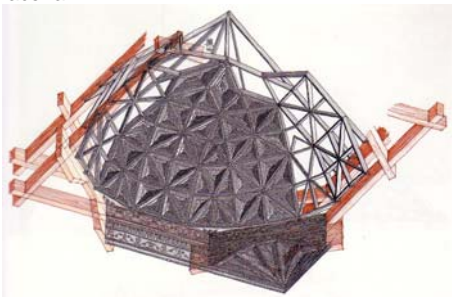


Figura 145. Armadura de cinco paños del presbiterio de la iglesia de parroquial de Otero de Sanabria (Zamora), empleando para su decoración motivos geométricos.¹⁹⁴

Por tanto una vez observada la absoluta necesidad de prefabricar los paños por separado para poder introducir los trazados de lacería en los paños de la armadura, se ponía de manifiesto la imposibilidad de incorporar limas tradicionales, denominadas limas bordones, en los encuentros de los distintos faldones. Los carpinteros idearon dos soluciones para poder resolver esta cuestión, y ambas precisaban la realización de limas dobles, denominadas limas moamares. La primera consistía en dividir la lima por el plano bisector de los planos de los faldones concurrentes, y la segunda consistía en fabricar dos limas separadas. Naturalmente la elección de una u otra dependían del tema decorativo escogido para resolver los paños de la armadura.

En el caso de que se optase por un tema decorativo a base de lacería, con parejas de cintas espaciadas una cierta distancia entre sí, optaríamos por la segunda opción, lo cual se consigue separando la lima de cada faldón a una distancia del quiebro igual a la mitad de la separación de las cintas del trazado. Mientras que si lo que se elige para resolver los paños de la armadura no es una pareja

192 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 200.

193 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 139.

194 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 141.

de cintas, caso muy frecuente cuando se empleaban trazados renacentistas, la solución más óptima es la dividir la lima en dos medias limas, pero colocadas en el borde del paño, de modo que el espectador las vea como limas únicas.¹⁹⁵

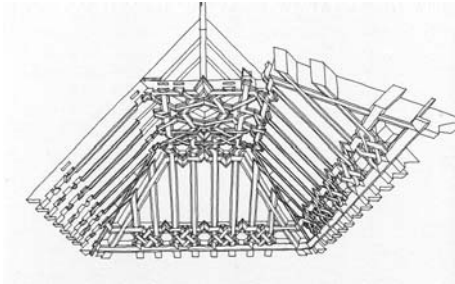


Figura 146. Armadura de cubierta de cuatro paños en el que se observa la ejecución de la calle de limas.¹⁹⁶

Un punto crítico a la hora de realizar estas armaduras de cubierta, y que servía como buen exponente a la hora de juzgar el buen oficio del carpintero, era el de dar continuidad al trazado geométrico en la calle de limas. Esta calle es el espacio comprendido entre las dos limas moamares que sirven para realizar el encuentro entre dos faldones en aquellos casos en los que se emplean trazados de lacería.

Esta solución requería una gran pericia del carpintero ya que los pares de los cuartos de limas, denominados péndolas, se remataban superiormente contra las limas, quedando la calle de limas sin solución de continuidad. Para solucionar esto era necesario dar continuidad al trazado geométrico en esa zona y ello se conseguía con unas piezas adicionales, de difícil ejecución, denominadas “arrocabas” que debían realizarse in situ y con las que se conseguía dar apariencia de continuidad a las péndolas para alcanzar el quiebro entre faldones.

*“Una vez que se encuentra esta solución tan simple del problema planteado, va a ser posible un desarrollo imparable de la carpintería de lazo al permitir jugar con absoluta libertad con los trazados más complejos imaginables. Trapecios, rectángulos, triángulos, cuadrados, se podrán combinar a partir de entonces, pero además en los paños de estas techumbres con sus limas dobles o moamares, se podrán desarrollar trazados de cintas paralelas formando conjuntos de estrellas y ruedas más o menos complejos, que pueden tener continuidad por toda la superficie de la armadura, sin que los quiebros de los faldones supongan una interrupción del tema decorativo escogido”.*¹⁹⁷

Lo realmente ingenioso e innovador de esta técnica y lo que la va a ser garantía de su éxito y pervivencia a través de varios siglos, es la enorme belleza conseguida mediante la incorporación de los propios elementos estructurales de la armadura a los complejos trazados de lacería.

Pero no todos los trazados se pueden resolver sólo con los elementos estructurales, sino que aquellos más complicados precisan de otros elementos. Los elementos que podemos

195 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, pp. 200-202.

196 NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 146.

197 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 202.

encontrarnos a la hora de construir una armadura de lazo los podemos clasificar en tres tipos: en primer lugar los elementos constituyentes de la imprescindible estructura portante de la armadura, es decir, los pares, nudillos y limas; en segundo lugar los peinaos y maderos cortos que sirven para trabar los elementos anteriores; y en último lugar las piezas de relleno que tienen como finalidad completar óptimamente el trazado.

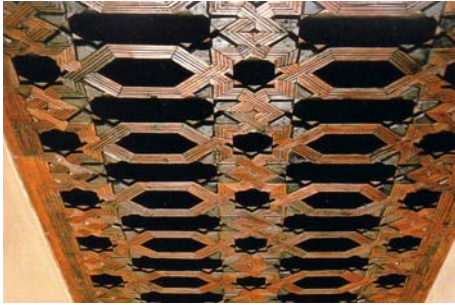


Figura 147. En esta imagen podemos observar claramente las distintas piezas necesarias para construir una armadura de lazo.¹⁹⁸

Otra medida para ver el buen oficio del carpintero, es la realización de las piezas de relleno, las cuales pueden realizarse de diversas formas. Unas veces estas piezas tendrán la misma escuadría que los elementos estructurales, otras en cambio estarán constituidas por pequeñas tablas cuya única finalidad es la de dar una continuidad superficial aparente al trazado, y por último, también podemos encontrarnos estas piezas simulando ser macizas, formando la configuración de las piezas con

delgadas tablas que dejan todo el interior de la pieza hueco. Existen casos, en los que toda la armadura está realizada a base de delgadas tablas, simulándose incluso hasta los pares. Estas armaduras son autoportantes por lo que son capaces de resistir su peso propio, pero requieren de otra estructura que sea la que soporte el peso de la cubierta.¹⁹⁹

¹⁹⁸ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 73.

¹⁹⁹ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, pp. 206-207.

4.2. DIFERENCIAS EN EL ORIGEN ENTRE LA CARPINTERÍA DE LAZO Y LA CARPINTERÍA NAZARÍ.

Tradicionalmente se ha supuesto en un origen musulmán de nuestra carpintería de lazo, pero éste tiene una fundación basada más en la intuición que en los hechos. No cabría ningún reparo si la técnica de la carpintería de armar tuviese un origen totalmente islámico, pero teniendo en cuenta la duda razonable que nos ofrece esta afirmación, es lógica poner en tela de juicio la atribución del origen de la carpintería de lazo a los carpinteros musulmanes.

La técnica de la lacería es la gran manifestación de la carpintería española y es precisamente la característica que la diferencia de la carpintería realizada en el resto de países europeos. Aún así es imposible disponer de datos fiables que nos permitan determinar con exactitud su origen, pero si contamos con una serie de hipótesis bastante fiables que nos pueden dar una idea de cómo llegó a desarrollarse la lacería.²⁰⁰

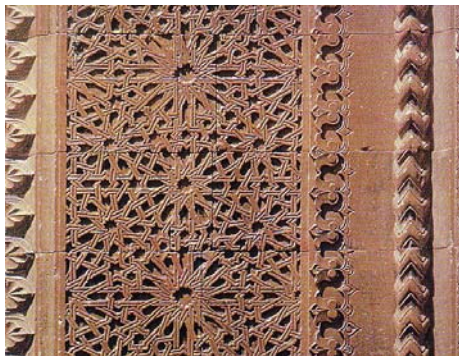


Figura 148. En los territorios ocupados por el imperio Selyucida podemos encontrar toda clase de trazados geométricos, en ladrillo, azulejo o piedra, realizados principalmente a lo largo del siglo XIII.²⁰¹

Por un lado, las armaduras de cubierta realizadas en España tienen una característica principal que las diferencia de las realizadas en el resto de Europa, y es como ya hemos comentado, el desdoblamiento de las limas, entendiendo por tal las piezas que sirven para materializar el encuentro entre faldones cuando la cubierta tiene más de dos faldones. Por intuición es muy razonable pensar que las techumbres a cuatro aguas, en un principio se realizaron con limas simples, denominadas lima bordón, las cuales imposibilitan la prefabricación de los paños de una armadura, labor indispensable a la hora

de facilita el montaje en la obra de la armadura y que se convirtió en una de las prácticas habituales de los carpinteros españoles. Ahora bien, la necesidad de doblar las limas con el objetivo de poder prefabricar los paños no tiene sentido si no fuese porque los carpinteros tuviesen una razón poderosa para hacerlo, ya que si no existiera ésta sería lógico pensar que hubiesen seguido realizando las armaduras con la limas bordón.

Por otro lado, en la España musulmana dominada por la dinastía Nazarí, aparecen en Granada algunos trabajos de carpintería en la que se combinan trazados geométricos con motivos vegetales tallados en la superficie de la madera. Estos trabajos los encontramos fundamentalmente en la cara inferior de los dinteles de puertas o de vigas y estaban limitados por el tamaño de las tablas

200 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 211.

en que se realizaban. Los carpinteros musulmanes debieron de cambiar esta técnica, sólo válida para pequeñas superficies, cuando quisieron emplearla para desarrollar esas composiciones en mayores tamaños como los necesarios para cubrir los techos de una gran estancia.

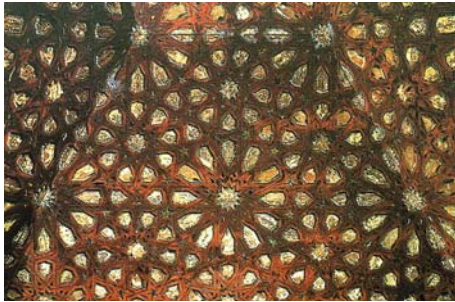


Figura 149. Alcoba principal del Salón de Comares de la Alhambra (Granada).²⁰²

Al ser necesaria la utilización de múltiples tablas para cubrir las estancias requeridas, en donde las juntas entre tablas perturbaban la visión del conjunto, los carpinteros optaron por decorar estas superficies con tablillas superpuestas sobre el tablero formado anteriormente de modo que no se observase ninguna discontinuidad en la techumbre. En las techumbres así realizadas cobraron mucha mayor importancia los motivos geométricos formados con las tablillas en detrimento de los motivos

vegetales. En estos casos, la decoración que constituía estos techos se caracterizaba por quedar suspendida y dividida en varios tableros de limitadas dimensiones, lo que sin duda favoreció el desarrollo de formas poliédricas en combinaciones espaciales más o menos complejas. Por tanto, y a diferencia de las armaduras castellanas, estas techumbres se caracterizaban por tener una función exclusivamente decorativa con un desarrollo geométrico de trazados cuyo tema principal eran las ruedas de lazo.²⁰³

A continuación vamos a tratar de explicar como las anteriores teorías están íntimamente ligadas en la aparición de la carpintería de lazo. El momento que podemos constatar como posible origen de la carpintería de lazo, sería a mediados del siglo XIV, momento en que tanto el rey castellano Pedro I, como su homónimo nazarí Muhamad V, ampliaban y embellecían sus palacios de Sevilla y Granada. Es muy probable que se produjese un intercambio de operarios con el fin de observar las características de una u otra carpintería. Así los carpinteros castellanos que acudieron a Granada quedaron fascinados con las magníficas obras de carpintería realizadas en la Alhambra y es muy probable que quisieran tratar de trasladar esos temas decorativos a sus armaduras de cubierta. Además allí pudo darse el paso clave ya que se percataron de que para poder acoplar los complejos motivos geométricos a sus armaduras sería necesario poder fragmentar las armaduras en paños como verían hacer a los carpinteros musulmanes. De este modo se dio el gran paso para poder realizar los complejos trazados de lacería, consistente en la prefabricación de los paños de

201 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 213.

202 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 244.

203 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, pp. 211-214.



la armadura, ya que se hace imposible realizar las labores que exige la geometría de lazo en la incómoda posición de trabajo que implica el montaje in situ de una armadura.

Es por tanto verosímil pensar que se dieron una serie de factores favorables por los que los carpinteros españoles quisieran introducir en sus armaduras los trazados geométricos musulmanes, para lo cual debieron aplicar sus propios recursos y experiencias. Es a partir de este momento cuando podemos distinguir dos tipos de carpintería de lazo diferentes: la carpintería estructural realizada por carpinteros españoles, y la carpintería exclusivamente decorativa a base de pequeñas tablillas clavadas de claro origen musulmán.²⁰⁴

204 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, pp. 214-217.

4.3. LOS TRAZADOS DE LACERÍA Y LAS RUEDAS DE LAZO.

Los trazados geométricos aprendidos del mundo musulmán son sin lugar a dudas la base de los trazados de la carpintería de lazo española, pero hay que dejar constancia de que la simulación de cintas entrelazadas como motivo decorativo ya era muy frecuente en las culturas del norte de Europa.

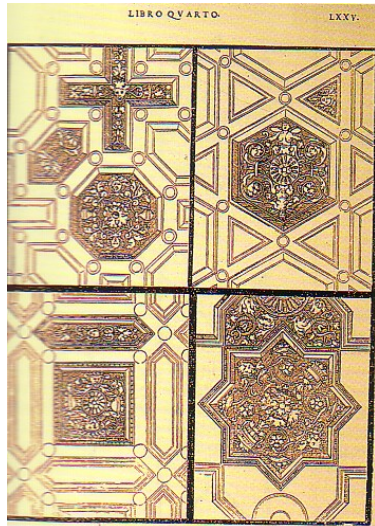


Figura 150. La estrella de ocho, junto con otros motivos geométricos, fue recogida por Serlio para que sirvieran de modelo en las obras de arquitectura.
205

Existe constancia desde el punto de vista decorativo, de la existencia de decoraciones a base de ocho puntas, anteriores a la aparición del Islam, y al igual ocurre desde el punto de vista estructural, donde podemos encontrar muchas construcciones que emplearon motivos estructurales tanto en piedra como en madera.

Por tanto no es de extrañar que carpinteros españoles hubieran utilizado, antes del influjo islámico, estrellas de ocho como ornamento de sus trabajos en madera, para lo cual es lógico suponer que debían de saber cortar los ingletes de un par de maderos según la bisectriz del ángulo de encuentro de cada dos piezas concurrentes, empleando para ello los cartabones necesarios. Hasta este momento los motivos decorativos se

limitaban al empleo de estrellas de ocho puntas o a la simulación de cintas entrelazadas.

Ahora bien, el punto de inflexión que se produjo en la carpintería de armar española y que la diferencia con la realizada en el resto de Europa, consiste en el paso que dieron los carpinteros españoles al lograr fundir en un nuevo producto la tradición carpintera castellana con el virtuosismo geométrico nazarí. Esto fue posible porque los carpinteros españoles conocían las técnicas necesarias para poder solucionar los problemas que la introducción de estos trazados, constituidos a partir de ruedas de lazo, planteaba en las armaduras de cubierta. Además una vez resuelto este problema, fueron capaces de crear sus propios motivos que por la limitación impuesta por el uso a que iban a ser destinados resultan claramente diferenciados del resto de trazados geométricos existentes en el mudo musulmán., creando unas leyes propias y con la particularidad de poderse realizar con el uso exclusivo de cartabones.²⁰⁶

Para comprender mejor los trazados de lacería se hace indispensable explicar la formación de las ruedas de lazo, motivo esencial de nuestra carpintería. Todos los trazados empleados por los carpinteros se originan a partir de una estrella básica que se genera bajo unas condiciones

205 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 227.

geométricas determinadas. La ley de formación de estas estrellas es indiferente del número de puntas que tengan dichas estrellas, aunque como veremos a continuación cuando trabajamos con estrellas de más de diez puntas no se puede cumplir en su totalidad las reglas generales y será preciso introducir nuevas reglas. Antes de pasar a explicar como se generan las distintas ruedas que dan lugar a estos complejos trazados de lacería, vamos a explicar como se forma la simple estrella de ocho puntas cuya existencia es anterior e independiente del de las ruedas.

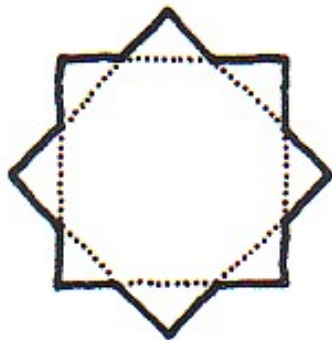


Figura 151. Formación de la estrella de ocho puntas. Para su configuración basta con girar un cuadrado sobre su centro 45°. ²⁰⁷

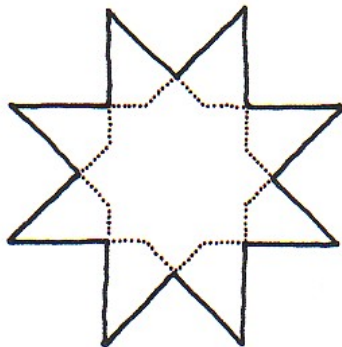


Figura 152. Prolongando los lados de la estrella anterior obtenemos otra estrella de puntas más alargadas. ²⁰⁸

Para conseguir la estrella más elemental de ocho puntas basta con girar un cuadrado sobre si mismo un ángulo igual al ángulo mitad del necesario para que se vuelvan a superponer dos de sus vértices. Aplicando este procedimiento a cualquier polígono regular obtenemos una estrella de doble número de puntas que lados tuviera dicho polígono. Pero además a partir de esta estrella es muy fácil generar otra de constitución más alargada. Se consigue prolongando todos los lados de los cuadrados que sirvieron para generar la estrella de ocho simple, hasta que se corten entre sí, obteniéndose una estrella de ocho pero con puntas mucho más agudas que la anterior. De su propio trazado ya no se puede seguir desarrollando, de modo que podemos considerar que estas dos estrellas de ocho puntas fueron las que utilizaron los carpinteros castellanos para la decoración de sus maderas hasta que conocieron las ruedas de lazo de los musulmanes.

Aquí es donde se produce el gran paso, ya que la diferencia fundamental entre las estrellas definidas del modo anterior y las que nos aportan los tracistas musulmanes, radica en que mediante el procedimiento explicado anteriormente no se pueden generar estrellas de número impar de lados, indispensables en los trazados de lacería que se desarrollan en nuestro país a partir del siglo XIV. ²⁰⁹

206 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, pp. 224-226.

207 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 228.

208 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 228.

209 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 228.

4.3.1. DESARROLLO DE UNA RUEDA DE LAZO A PARTIR DE UNA ESTRELLA DE OCHO.

Para desarrollar una rueda de lazo a partir de una estrella de ocho puntas como la conseguida anteriormente, necesitamos incorporar algún elemento no incluido en la estrella como por ejemplo un octógono que puede estar o no circunscrito a ella. En el caso que el octógono se encuentre circunscrito, ésta condición genera una figura perfectamente determinada, pero si queremos emplear un octógono mayor, el problema quedaría geométricamente indefinido, siendo necesario en estos caso establecer una condición a dicho polígono para poder resolver el problema.

Pero antes de establecer un análisis de las posibles condiciones arbitrarias aplicables al desarrollo de esta figura, es necesario realizar un pequeño inciso, y es que en el trabajo del carpintero las figuras geométricas no son puramente lineales sino que las estrellas que realiza se generan con maderas de un cierto grosor, apareciendo de este modo un nuevo factor de indeterminación que impide resolver el problema de un modo unívoco. El problema presenta infinitud de soluciones, todas ellas dependientes de la relación existente entre el ancho de la madera escogido y el lado del que salió la primera estrella.

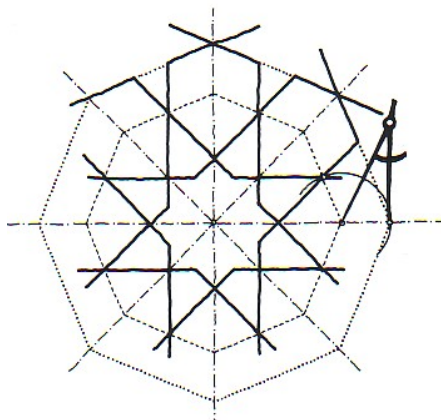


Figura 153. Muestra de cómo se regulaba la construcción de una rueda de lazo.²¹⁰

Este problema no presenta ningún inconveniente en los trazados islámicos, en los que los elementos estructurales quedaban ocultos tras el entablado donde se clavaban las distintas tablillas de madera, pero si que adquiere gran importancia en las armaduras castellanas, donde los elementos estructurales forman parte del trazado geométrico. En estos casos era muy importante adoptar un criterio a la hora de determinar el ancho de las maderas y sus separaciones, que no diera lugar a ambigüedades. El hecho de que tanto los pares como los nudillos sean siempre paralelos y mantengan las mismas separaciones, fue una de las condiciones favorables para que se

pudiesen incorporar las ruedas de lazo en las armaduras carpinteras. Por tanto para facilitar la ejecución de estos trazados se adoptó una separación de cintas igual al doble de su grueso, teniendo lógicamente todas las cintas del conjunto el mismo ancho. De este modo se empleó en todos los trazados de lacería una separación entre maderas igual al doble de sus gruesos, y los trazados que cumplen esta regla se denominan a “calle y cuerda”.

210 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 229.

Tras este breve inciso, vamos a continuar con la explicación interrumpida de la conversión de la estrella de ocho en rueda de lazo. Para explicar mejor la obtención de una rueda de lazo vamos a tomar el ejemplo del octógono circunscrito a la estrella de ocho puntas. Para ello en vez de colocar el octógono de modo que sus vértices coincidan con los de la estrella, vamos a colocarlo de tal manera que en las puntas de las estrellas se encuentre el punto medio de cada uno de sus lados. Los vértices de dicho octógono coincidirán con líneas trazadas por los vértices exteriores de la estrella de puntas de 90° , y desde uno de estos vértices trazamos con un compás una circunferencia. En el punto que corte a la línea que pasaba por las puntas de la estrella de 90° obtenemos el vértice del octógono que define la “rueda de lazo”.

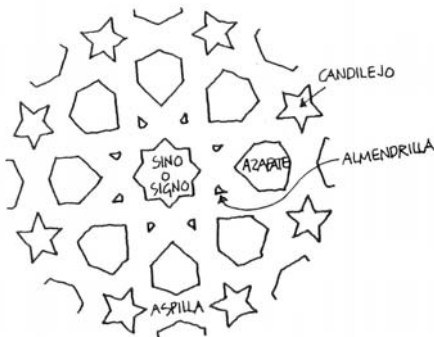


Figura 154. Ejemplo de una rueda de lazo de ocho, acompañada de los nombres con que se designa a cada una de sus partes.²¹¹

Alargando cada lado de los lados del polígono exterior hasta la prolongación del lado del cuadrado que originó en un principio la estrella, se obtienen los lados de la aspilla, nombre que reciben los dos trazos que rematan la rueda de lazo.²¹²

Para entender mejor los elementos que constituyen las ruedas de lazo mostramos un dibujo en el que aparecen todas sus piezas. Dicha rueda pertenece además a la de ocho que acabamos de explicar como se construye.

4.3.2. DESARROLLO DE OTRAS RUEDAS DE LAZO.

El proceso explicado para obtener la rueda de ocho es totalmente válido para la obtención de cualquier otra estrella, pero en las de doce puntas, como ya avisamos al principio de este apartado, la aspilla trazada respetando las reglas anteriores apenas se reconoce, por lo que para las estrellas de doce o más puntas las aspillas serán prestadas de otra estrella de la que serán dependientes. Del mismo modo que al aumentar el número de puntas la regla deja de ser aplicable, si el número de puntas disminuye, la regla general de formación de las estrellas aún funciona para estrellas de siete lados, pero ya aparecen excepciones con la estrella de seis puntas. Para resolver esta problemática volvamos al ejemplo de la rueda de ocho anterior.

²¹¹ NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 62.

²¹² NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, pp. 228-235..

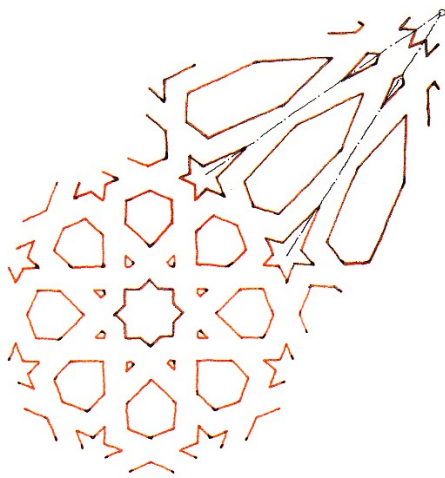


Figura 155. Aquí se observa como de una rueda de ocho se obtiene una de dieciséis.²¹³

El juego geométrico en donde nos habíamos detenido puede proseguir, ya que aunque en un principio pareciese agotado al inscribirse la estrella de ocho puntas dentro del octógono, puede dar mucho más de sí.

De este modo, si prolongamos las dos cintas de un brazo cualesquiera de la rueda, así como los brazos no concurrentes de las dos aspillas que quedan a cada lado del brazo cuyos lados prolongamos, se produce una figura similar a la que conforma la estrella de ocho pero más alargada. Son aparentemente brazos de otra estrella, en la que el ángulo abarcado por dos puntas contiguas es menor que el de la estrella de ocho que la origina. Pero si analizamos bien la figura, observamos que el ángulo obtenido entre los brazos de la nueva estrella es justamente la mitad del que formaban los brazos de la estrella de ocho, obteniendo de este modo, sin habérselo propuesto, una estrella de dieciséis puntas solucionando de este modo el problema de trazar su aspilla, irrealizable empleando las reglas hasta ahora conocidas.

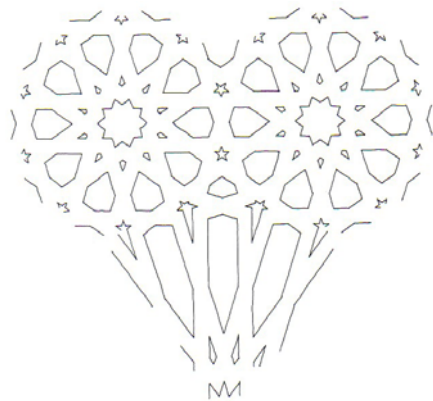


Figura 156. Del mismo modo se obtiene de la rueda de diez otra idéntica, y de dos de diez se obtiene una de veinte.²¹⁴

De este modo no tenemos porque buscar nuevas reglas para resolver el problema que plantea la realización de las aspillas en las ruedas de doce o más brazos, puesto que es el propio sistema el que automáticamente genera las ruedas cuyas aspillas no pudimos trazar. Ahora bien, no siempre obtenemos la rueda doble de la original, ya que aunque esto es lo que hemos visto que ocurre con la rueda de ocho, de la que hemos obtenido la de dieciséis, esto no se produce en la de nueve, ya que de ésta sale la de doce, ni de la de diez, de la que vuelve a salir otra de diez. El caso de la rueda de diez es curioso, ya que ofrece una particularidad, y es que por parejas puede generar una de veinte. De la de dieete sale la de veintiocho, pero esta última combinación es prácticamente imposible de ver en nuestra carpintería.

213 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 235

214 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 235.

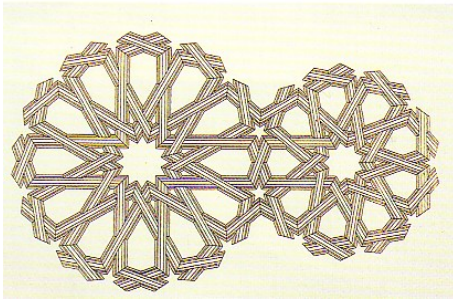


Figura 157. Prolongando los brazos y aspillas de la rueda de nueve se obtienen los brazos de la rueda de doce. La rueda de doce no existe por sí sola, sino como consecuencia directa de su dependencia de una rueda de nueve brazos.²¹⁵

Para finalizar lo relativo a las ruedas de lazo comentaremos que las ruedas dependientes de otras reciben el nombre de “desculadas”, y sus estrellas centrales se trazan con los correspondientes cartabones, siguiendo el mismo proceso que en el resto de las ruedas, pero sus aspillas serán las de la rueda de la que dependan, por lo que para trazarlas no es preciso generar nuevos cartabones y se utilizan los de la rueda de la que dependen.

Por tanto podemos constatar que lo que más le interesaba al carpintero español del geómetra musulmán era el juego de posibilidades que le ofrecía los motivos estelares que empleaban en sus techumbres ataujeradas, y que constituían una gama mucho más rica que la empleada hasta entonces limitada a pobres combinaciones de cintas entrelazadas o a la repetición monótona de estrellas de ocho.²¹⁶

4.3.3. LOS CARTABONES DE ARMAR.

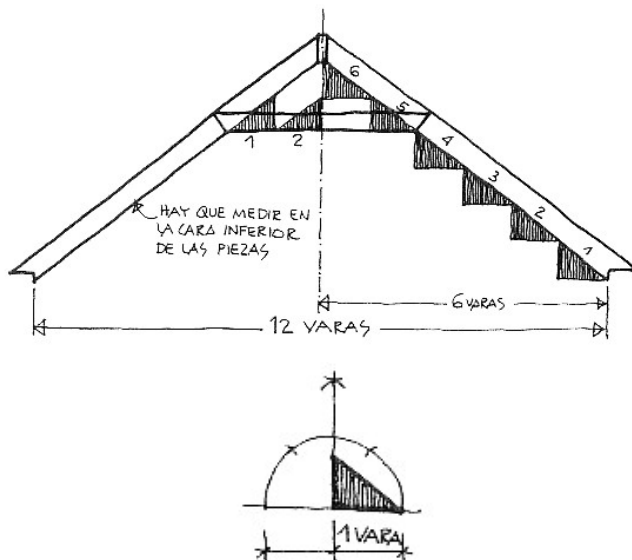


Figura 158. El cartabón de armadura era el instrumento que permitía al carpintero controlar todos los datos de cualquier armadura, especialmente las dimensiones de cada pieza.²¹⁷

Vamos a hablar de los instrumentos esenciales de la carpintería de armar española, tanto en las armaduras de cubierta como en los trazados de lacería: los cartabones. Para ello vamos a comentar primero los cartabones de armadura, los cuales no son más que una representación, a una escala escogida por el carpintero, de media armadura.

Con dicho cartabón el carpintero podía reproducir las medidas de todos los elementos de la armadura de par y nudillo, además de trazar los cortes que precisan dichas piezas.

215 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 234.

216 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, pp. 234-241.

217 NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 37.

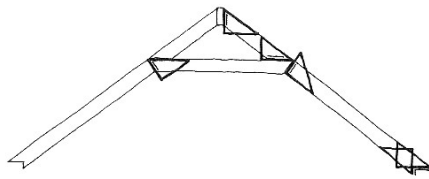


Figura 159. El cartabón de armadura también sirve para trazar cada uno de los cortes que se han de dar a pares y nudillos.²¹⁸

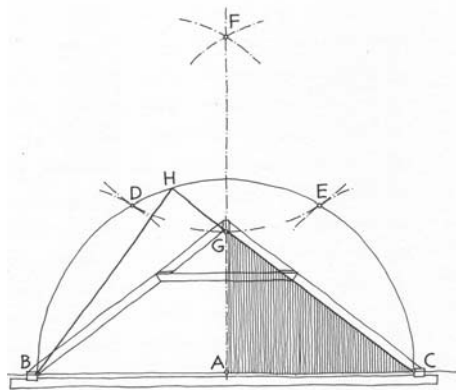


Figura 160. Construcción del cartabón de armadura del cinco.²¹⁹

La escala general que se solía utilizar era la de 1/12 con el objetivo de facilitar la colocación del nudillo, que generalmente se adaptaba a los 2/3 de la altura de la armadura. Para ello simplemente se dividía la estancia a cubrir en doce partes como se observa en el dibujo siguiente.

Así pues el procedimiento habitual del carpintero consistía en hacer una cambija (semicírculo) en la cual se dibujaba un cartabón de un tamaño que fuera divisor de la dimensión de la estancia a cubrir, eligiéndose de este modo una pendiente determinada. Una vez obtenido este cartabón de armadura dentro de la cambija era posible diseñar el conjunto de la armadura. El cartabón de armadura más empleado por nuestros carpinteros fue el cartabón de cinco, ya que con el se obtenían las pendientes más adecuadas a nuestras características climáticas. A continuación vamos a mostrar la simplicidad del método empleado para la obtención de estos cartabones.²²⁰

Para determinar la longitud de un par bastaba con colocar sobre la cara inferior de un par la hipotenusa de dicho cartabón tantas veces como fuera el factor de escala elegido, sin más que

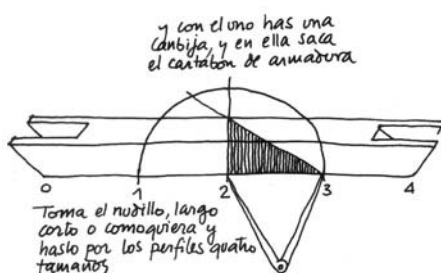


Figura 161. Construcción del largo de un nudillo cuando la estancia a cubrir se ha dividido en doce partes.²²¹

descontar la mitad del grueso de la hilera. Al colocarse el nudillo a los 2/3 de la altura de la armadura también se puede obtener la longitud del nudillo, ya que éste tendrá una longitud igual a 1/3 de la estancia a cubrir. Así por ejemplo, si hemos definido un cartabón a una escala 1/12, la longitud del nudillo nos la da la longitud del cateto horizontal del cartabón, siendo en este caso de cuatro catetos horizontales.

218 NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 37.

219 NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 86.

220 NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 86.

221 NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 102.

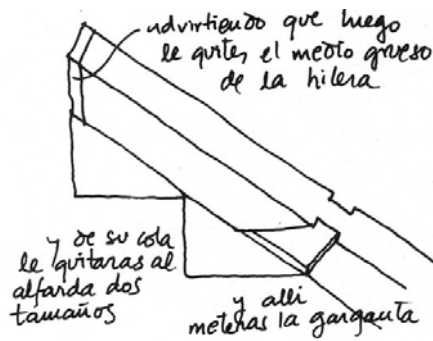


Figura 162. Realización de la garganta de un par cuando la estancia a cubrir se ha dividido en doce partes.²²²

Al igual ocurre con la posición en la que se ha de ensamblar el nudillo con el par, para lo cual si se ha empleado la misma relación de 1/12, basta con restarle dos hipotenusas al par empezando por su extremo superior y teniendo la precaución de quitarle el medio grueso de la hilera.

En caso de que se optase por otra relación a la hora de cubrir una estancia, se procedería de la misma forma que en el caso comentado anteriormente, únicamente deberemos realizar una cambia que sea divisor de la dimensión de la estancia a cubrir.

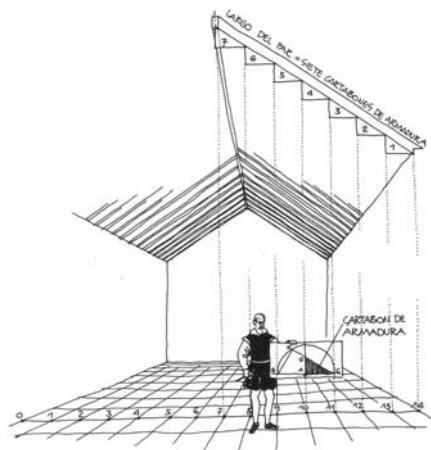


Figura 163. En este dibujo se aprecia claramente la posibilidad de obtener el cartabón de armadura necesario para construir la armadura de la estancia sin más que dividir la misma en un número par de lados iguales, en este caso dieciséis.²²³

En los casos en que la cubierta fuese a cuatro o más aguas, y que por lo tanto requiriese la realización de limas, no sería suficiente para diseñar la armadura el cartabón de armadura. En estos casos se hace necesario el empleo de otros dos cartabones que se obtienen a través de él. Son los cartabones denominados cox de limas y cabeza de albanecar.

El cartabón del cox de limas mide la inclinación de la lima con la horizontal en el plano vertical que la contiene. Por el contrario el cartabón de albanecar es aquel que mide en el plano de los faldones de una armadura el ángulo del estribo con la lima.

Para casos de armaduras ochavadas será necesario obtener estos cartabones de forma distinta dada la peculiar configuración de estas armaduras. Para entender mejor estos cartabones vamos a mostrar la relación existente entre estos tres cartabones, así como el modo de obtenerlos. Los dibujos que se muestran a continuación parten siempre del cartabón de cinco tomado como de armadura.²²⁴

²²² NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 102.

²²³ NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 90.

²²⁴ NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, pp. 88-105.

ARMADURAS CUADRADAS:

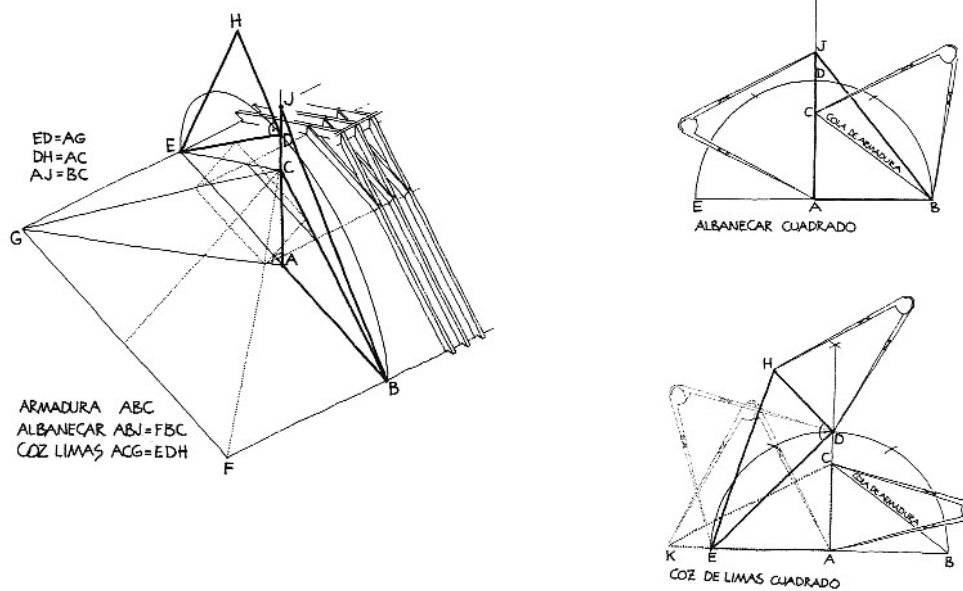


Figura 164. Relación entre la armadura, su muestra y los cartabones correspondientes de la armadura cuadrada, así como la forma de obtenerlos directamente en la clásica cambija.²²⁵

ARMADURAS OCHAVADAS:

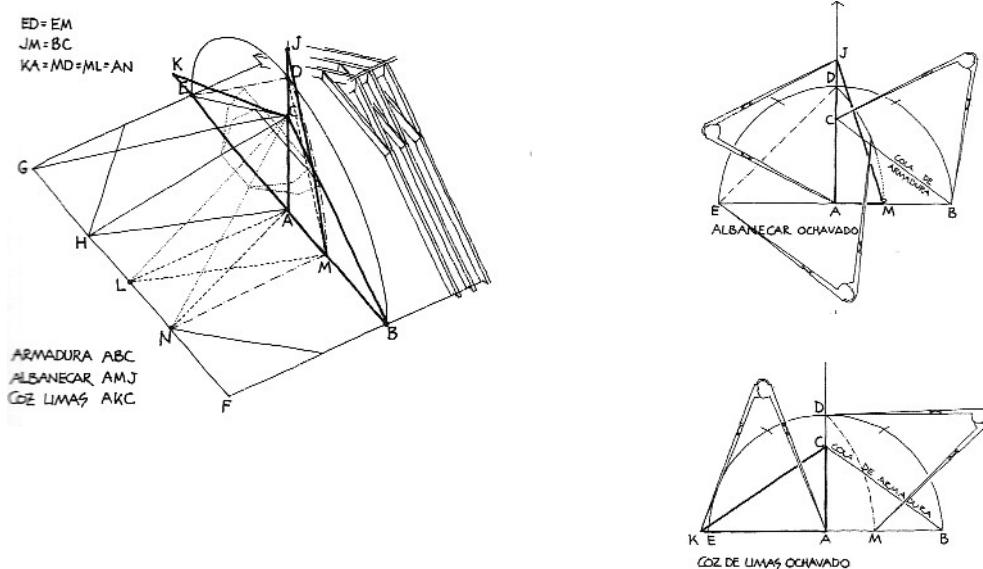


Figura 165. Relación entre la armadura, su muestra y los cartabones correspondientes de la armadura ochavada, así como la forma de obtenerlos directamente en la clásica cambija.²²⁶

225 NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 213.

226 NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 213.

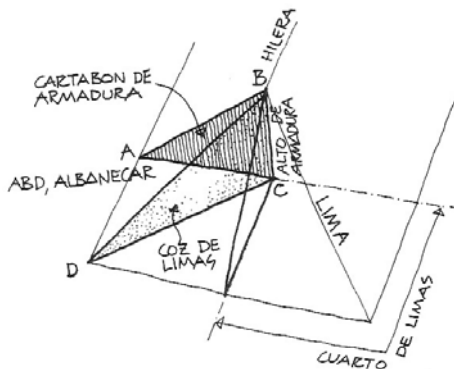


Figura 166. Relación existente entre los tres cartabones de armadura. Esta construcción permite, conocido uno cualquiera de ellos, definir los otros dos.²²⁷

Con esta simple construcción se obtienen los cartabones necesarios para realizar las armaduras de par y nudillo, así como todos los cortes necesarios de sus piezas. Además podemos observar como a partir de cualquiera de los tres cartabones se pueden obtener los otros dos.²²⁸

3.4. LOS CARTABONES DE LAZO.

Una vez explicado como se realizaban las armaduras de par y nudillo mediante el empleo de los cartabones de armadura, vamos a explicar como se construían las ruedas de lazo que constituían los famosos trazados de lacería españoles, para lo cual se empleaban los cartabones de

lazo. La gran virtud de la rueda de lazo es que sean cuantos sean sus brazos, la forma de trazarla siempre es la misma. Así pues, para trazar cualquier polígono base de cualquier rueda, al carpintero castellano le bastaba conocer el ángulo que forman las rectas que unen su centro con dos cualesquiera de sus vértices contiguos. Este mismo ángulo es el que resulta de dividir la circunferencia en tantas partes como vértices tenga el polígono. Pero en la práctica era común utilizar el ángulo mitad del anterior, es decir el obtenido a partir de dividir la semicircunferencia en tantas partes como vértices tuviese el polígono.

“Este ángulo se materializaba en un cartabón, y de este cartabón se obtenían otros dos, el nuevo por la bisectriz del ángulo que sirvió para definir el primero. Una vez obtenido este segundo cartabón, se dividía en dos partes iguales el ángulo opuesto al que resultó de la bisectriz del primero”.²²⁹

A partir de estos tres cartabones se llevaban a cabo todos los trazados necesarios, tanto para obtener las muestras que debían servir al carpintero par la realización de dichos trazados, como los cortes que habían de darse en las maderas de la armadura para reproducir dichas muestras.²³⁰

A continuación vamos a mostrar los cartabones de lazo necesarios para la constitución de cada una de las ruedas así como la construcción gráfica de estos cartabones a partir del empleo único del compás.

227 NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 96.

228 NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 96.

229 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 234.

230 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, pp. 232-235.

RUEDA DE DIEZ:

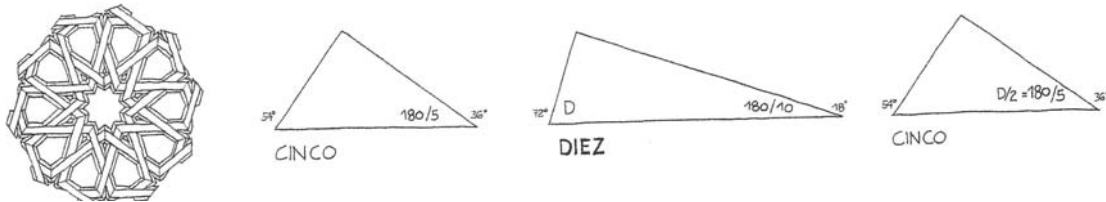


Figura 167. Rueda de diez y cartabones necesarios para su construcción.

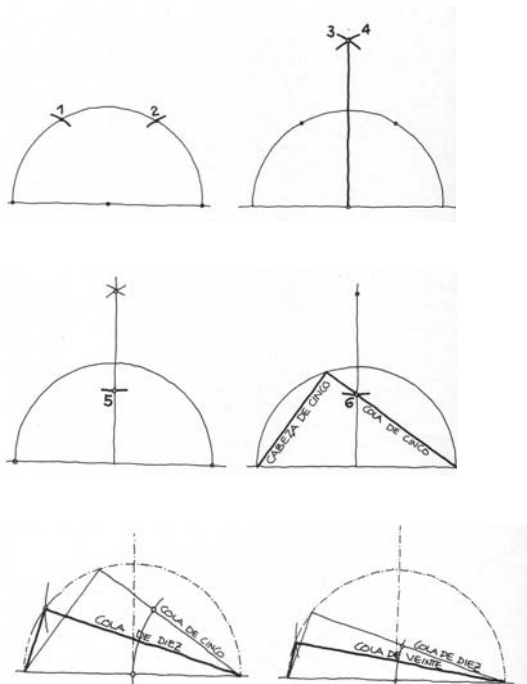


Figura 168. Proceso de construcción del cartabón del cinco.

El primer paso consiste en realizar una cambija (semicírculo) y con el mismo radio empleado para su realización, obtener los puntos 1 y 2. A partir de estos puntos y sin modificar el radio, obtenemos dos arcos 3 y 4 que se cruzan en un punto que unimos con el centro de la cambija. El segmento obtenido recibe el nombre de “tanquil”. Desde el punto obtenido con los arcos 3 y 4 y con el mismo arco, trazamos uno nuevo que corta al tanquil en el punto 5. Finalmente una recta que desde un extremo del diámetro pase por dicho punto nos dará un cateto del cartabón de cinco. La obtención del otro cateto es inmediata. Al ángulo mayor y correspondiente al cateto menor del cartabón se le denomina cabeza de cartabón, mientras que al ángulo menor del mismo se le denomina cola de cartabón.

Para conseguir el cartabón de diez simplemente hay que dividir en dos la cola del de cinco, lo que se consigue realizando su bisectriz. Siguiendo el mismo procedimiento podemos obtener el de veinte.

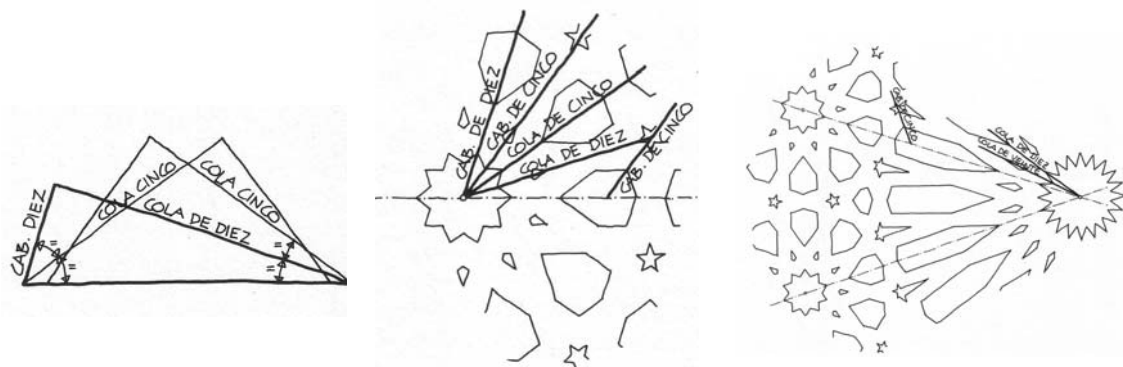


Figura 169. Cartabones empleados para las ruedas de diez, y posibles desarrollos de ruedas que podemos realizar a partir de ellos.

RUEDA DE SIETE Y DE CATORCE:

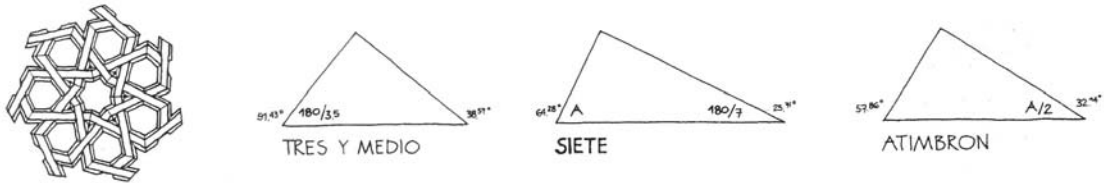


Figura 170. Rueda de siete y cartabones necesarios para su construcción.

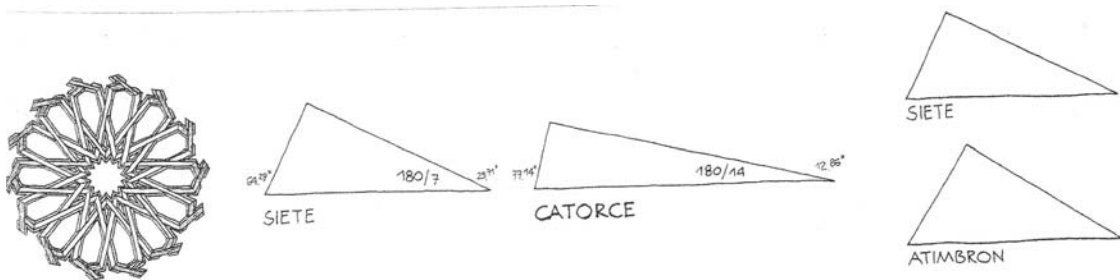


Figura 171. Rueda de catorce y cartabones necesarios para su construcción.

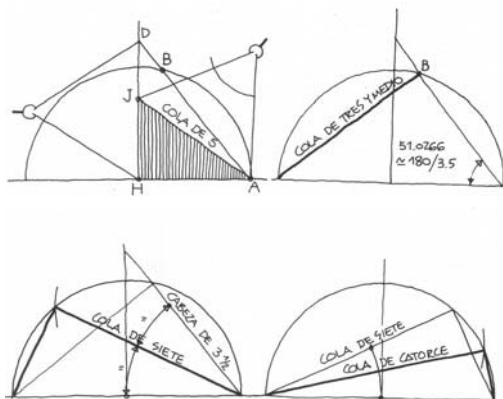


Figura 172. Proceso de construcción del cartabón del siete. A partir de él es fácil obtener el de catorce.

El proceso comienza con un cartabón de cinco usado como de armadura. El albanecar correspondiente proporciona el punto B que proporciona el vértice del cartabón de 3 y ½. De la bisectriz de la cabeza de 3 y ½ se obtiene la cola de siete. El ataperfiles llamado atinbrón se obtiene de la bisectriz de la cabeza del siete.

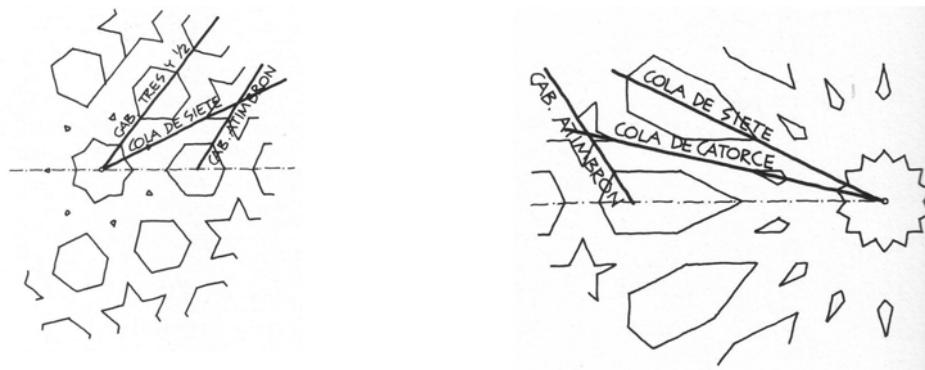


Figura 173. Desarrollo de la rueda de siete y de catorce a partir del empleo de los cartabones de lazo correspondientes.

RUEDA DE NUEVE Y DOCE:

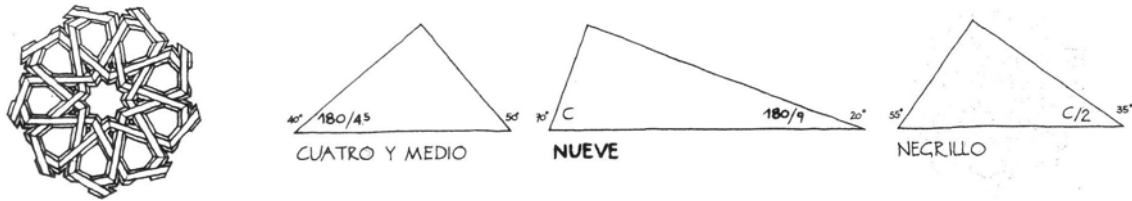


Figura 174. Rueda de nueve y cartabones necesarios para su construcción.

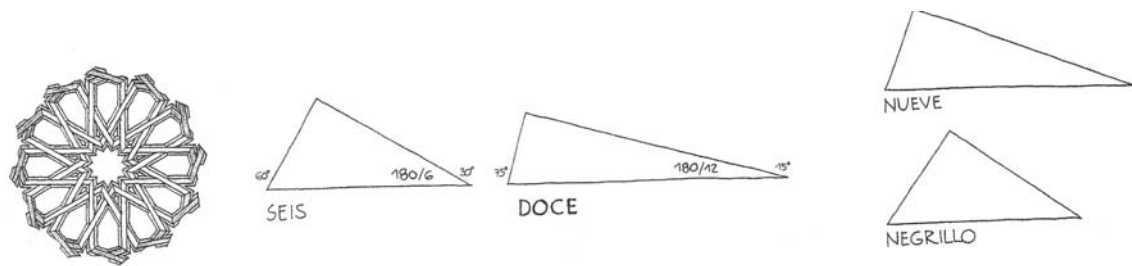


Figura 175. Rueda de doce y cartabones necesarios para su construcción.

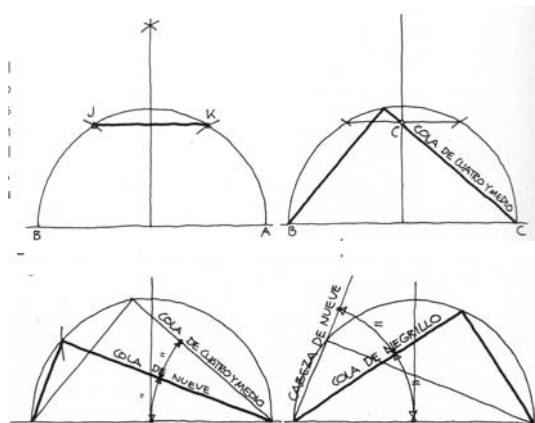


Figura 176. Proceso de construcción del cartabón del nueve.

La construcción del 4 y $\frac{1}{2}$ comienza como la del cinco, pero los puntos J y K se unen con una recta que corta el tanquil en el punto C, por el que pasa la cola del 4 y $\frac{1}{2}$. De este último se obtiene por la bisectriz de su cola el de nueve, y de la bisectriz de la cabeza del nueve se obtiene su ataperfiles, denominado negrillo.

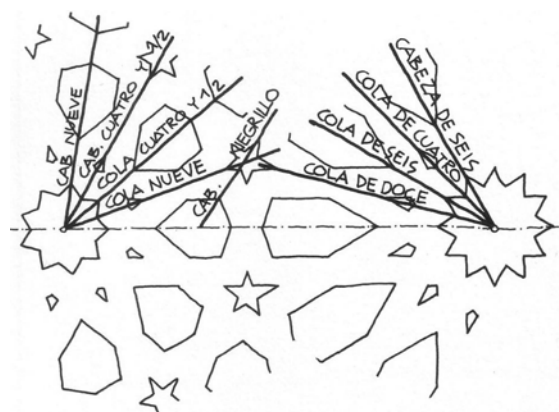
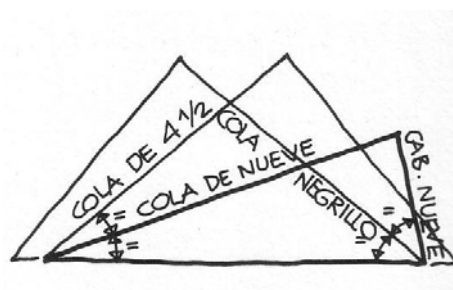


Figura 177. Cartabones empleados para las ruedas de nueve. En esta figura podemos apreciar como a partir de la rueda de nueve obtenemos la de doce.

RUEDA DE OCHO:

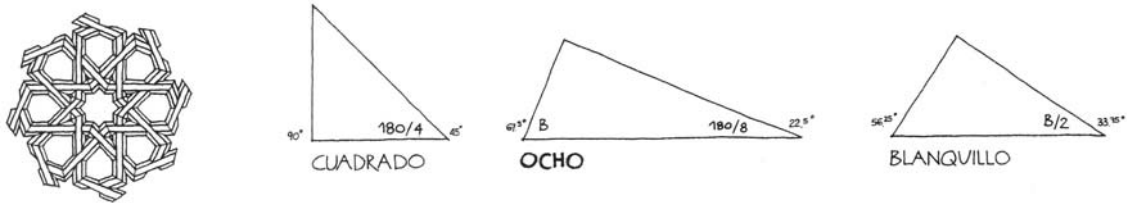


Figura 178. Rueda de ocho y cartabones necesarios para su construcción.

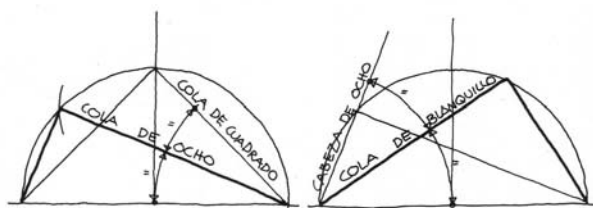


Figura 179. Proceso de construcción del cartabón del ocho.

La construcción del cartabón del cuatro es directa ya que se trata de la escuadra cuyos catetos tienen ángulos de 45° . A partir de la bisectriz de su cola sale el cartabón del ocho y de la bisectriz de la cabeza del de ocho, se obtiene el ataperfiles, denominado blanquillo.

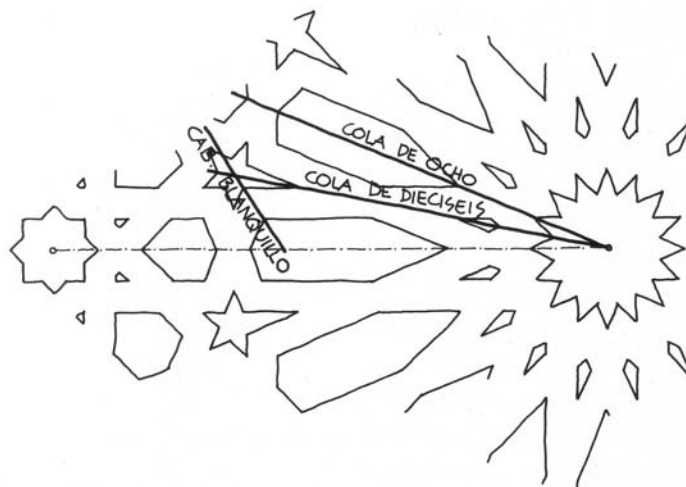
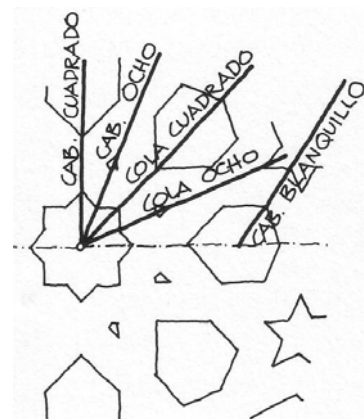
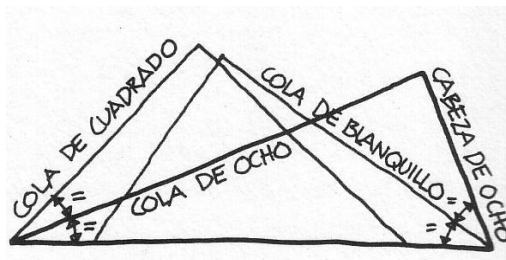


Figura 180. Cartabones empleados para las ruedas de diez, y posibles desarrollos de ruedas que podemos realizar a partir de ellos.



4.4. LOS TRATADOS DE CARPINTERÍA.

Las reglas de la carpintería eran un medio de control seguro sobre el sistema constructivo y formal de las armaduras. A partir de unos pocos datos, las recetas permitían tomar decisiones que determinaban inequívocamente el resultado final sin necesidad de elaborar planos.

La naturaleza de estas reglas es geométrica unas veces y aritmética otras. Así podemos señalar como trazas enraizadas en la geometría constructiva de los gremios todas las que se basan en la cambija (semicírculo), tanto las de construcción de los cartabones de lazo como las que establecen las relaciones entre los cartabones de armar. De este modo quedaban determinados geométricamente los ángulos de corte de todas las piezas, aún en sus encuentros más difíciles.

Sin embargo todo ello se apoyaba en una regla aritmética: la de dividir el ancho de la sala en un número de partes iguales y tomar una de ellas como cateto menor o cabeza del cartabón de armadura. El cartabón así construido es una montea móvil, una reproducción a escala, de la sección de la obra, que sirve para controlar también sus características métricas: la base o hipotenusa del cartabón servía para modular el largo de los pares, la cabeza para medir el largo del nudillo y así sucesivamente.

Otra regla numérica importante es la de disponer el nudillo al tercio, es decir aunque no siempre se sigue esta disposición, el nudillo se hace tan largo como el tercio de la luz de la armadura.

“Pero las reglas numéricas más influyentes, las que introducen una modulación implícita en las obras de carpintería, son aquellas que van relacionando distintas magnitudes con el grueso de las maderas, que se convierte en la unidad canónica de los trazados. En primer lugar el espaciamiento de las piezas era normalmente a calle y cuerda: entre cada dos pares de madera se deja un espacio o calle de dos gruesos. Pero además, el testero de las armaduras cuadradas se dividía en un número entero de gruesos o cuerdas para hacer una distribución modular de piezas y calles. Ni que decir tiene que esta distribución era la misma en las gualderas o faldones mayores, con lo que el marco del estribo venía a quedar subdividido por una cuadrícula modular implícita. Era un sistema de medida que tenía garantizado su perduración a través de los gremios.”²³¹

A continuación vamos a comentar brevemente los textos de varios tratadistas españoles, gracias a los cuales hoy se hace bastante más sencillo el estudio de esta técnica constructiva tan empleada

231 DUCLÓS BAUTISTA, G., *Carpintería de lo blanco en la arquitectura religiosa de Sevilla*, Sevilla, Ed. Diputación Provincial de Sevilla, 1992, p. 76.

en España durante los siglos comprendidos entre el XIV y el XVIII, y sin los cuales difícilmente hubiésemos podido comprender todos los entresijos de este arte.

4.4.1. EL COMPENDIO DE CARPINTERÍA DE DIEGO LÓPEZ DE ARENAS.

A partir de 1613, Diego López de Arenas, maestro carpintero en Sevilla, fue recogiendo en notas y dibujos las reglas de su oficio. López de Arenas había nacido en Marchena en 1579, ejercía en Sevilla y llegó por elección a Alcalde Alarife de la ciudad, con la misión de marcar las maderas que llegaban para su posterior distribución a los carpinteros, examinar a los aspirantes y defender los intereses del gremio.

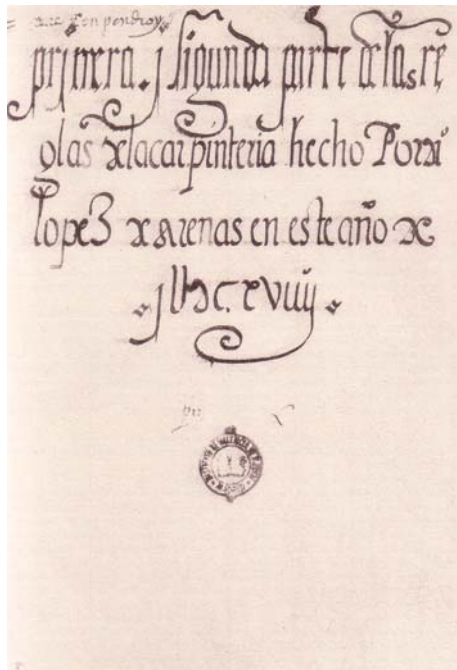


Figura 181. Portada de la "Primera y segunda parte de las reglas de la carpintería" hecho por Diego López de Arenas.²³²

En 1619 sus notas y dibujos tenían portada e introducción y formaban un conjunto titulado *Primera y Segunda parte de las Reglas de Carpintería*. Parece que en esta época el autor pensaba ya en una publicación que al principio quizá no fuera tan segura. El manuscrito apareció en Granada a principio del siglo XX, cuando Gonzalo Moreno lo recató de una carnicería y lo donó al instituto de Valencia de Don Juan, en Madrid, donde se conserva hoy. Los textos de López de Arenas van acompañados de numerosos dibujos y esquemas que no solo aclaran su lenguaje, algo oscuro, sino que han servido para interpretar pasajes de las ediciones posteriores, las cuales llevan pocas figuras toscamente grabadas.

Este primer manuscrito tuvo una segunda redacción, conservada en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, que sirvió de base para la edición impresa en Sevilla en 1633 por Luis Estupiñán, con el título *Breve compendio de la Carpintería de lo Blanco y tratado de alarifes, con la conclusión de la regla de Nicolás Tartaglia y otras cosas tocantes a la iometría y puntas del compas*. En el prólogo va dirigido a los maestros, como resumen de sus conocimientos, y a los aprendices para que les sirviera de guía.²³³

En lo que respecta al libro, éste está dividido en tres partes: los primeros veinte capítulos, dedicados a la carpintería de los blancos, del veintidós al veintiocho habla de la valoración de solares y casas, y del veintinueve al treinta y dos trata de la construcción de relojes de sol. Los

²³² NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 81.

capítulos sobre carpintería van mostrando las reglas para trazar diferentes tipos de armaduras, cuadrada y ochavada. *“Algo se dice, y no muy acertado sobre las armaduras de cinco paños, y ni se nombran las de diete, quizá porque el conocimiento sobre ellas se había perdido en el proceso de lenta decadencia del oficio. El maestro añade en el libro algunas recetas que no incluyó en el manuscrito, como son el empleo de las series numéricas para ochavar una estancia, una muestra de armadura de cinco paños, unas notas muy por encima sobre la media caña y la media naranja, y algunas explicaciones más sobre los mocárabes.”*²³⁴

El tratado tuvo otras tres ediciones, las de 1727, 1887 y 1912 debiéndose estas dos últimas al interés surgido a finales del siglo XIX y principios del XX por estudiar los estilos tradicionales olvidados.

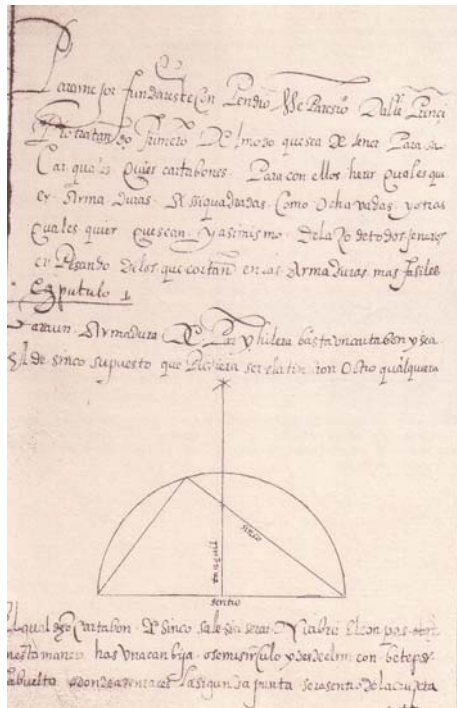


Figura 182. Construcción del cartabón de armadura. En este caso Arenas escoge el cartabón del cinco ya que era el más empleado por los carpinteros de lo blanco.²³⁵

El manuscrito de López de Arenas es un documento de valor inestimable para conocer los métodos de trabajo en la carpintería hispanomusulmana y mudéjar o, al menos, el estado de la cuestión a principios del siglo XVII. Ciertamente es que se limita a las reglas que el autor conoce, que desde luego no son todas, pero sirve de base, junto con el estudio de las obras ejecutadas, para reconstruir hipotéticamente un panorama más amplio.

El manuscrito se puede dividir en dos partes muy claras: en la primera se dan una serie de recetas tendentes a establecer los principios del oficio, mientras que en la segunda se aborda la forma de ejecutar las armaduras basándose en una colección de muestras (monteas) y dibujos posiblemente heredados. A lo largo del manuscrito queda constancia que al maestro sevillano no le interesa la teoría o la erudición, sino la práctica del oficio.

A continuación vamos a comentar brevemente cada uno de los capítulos del manuscrito intentando desglosar en pocas líneas las ideas principales de cada uno de ellos. En el capítulo 1, Arenas

233 DUCLÓS BAUTISTA, G., *Carpintería de lo blanco...*, p. 78.

234 DUCLÓS BAUTISTA, G., *Carpintería de lo blanco...*, p. 79.

235 NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 87.

comienza a hablar de los cartabones y su forma de obtención, poniendo como ejemplo el de cinco. Adelanta conceptos que tratará más adelante, como es la dimensión del nudillo, igual al tercio del ancho de la estancia.

En el capítulo 2 trata de la forma de cortar las piezas que componen una armadura de par y nudillo, explicando como cortar los extremos de los nudillos con objeto de crear los cornezuelos así como la forma de abrir las gargantas de los pares para su ensamble con los nudillos.

En el capítulo 3 dice Arenas que el ancho de la estancia se puede dividir en un número distinto de doce, aunque éste sea el número de tamaños más acostumbrado. En todo caso comenta que en caso de dividir la estancia en otro número de partes es recomendable que éste sea múltiplo de tres.

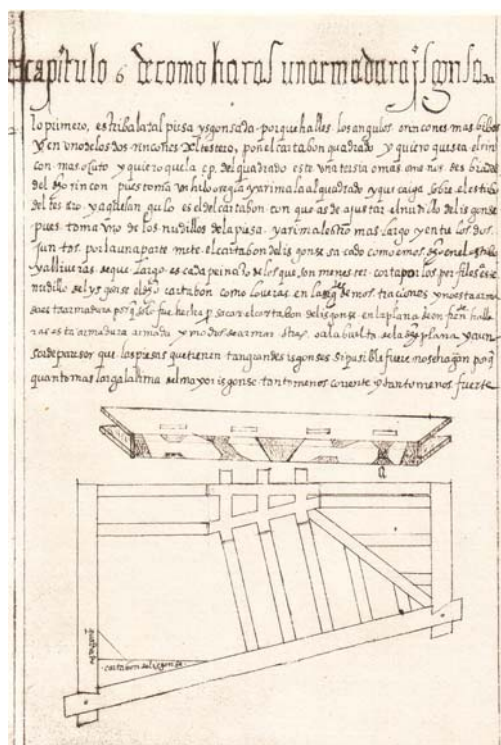


Figura 183. Hoja del manuscrito que muestra como se deben de realizar las armaduras izgonzadas.²³⁶

En el capítulo 4 se dan las recetas para hallar el grueso de las maderas para armaduras sin lazo. Son por tanto indicaciones basadas en la experiencia del maestro sobre las secciones resistentes que deben tener en función de la luz a salvar.

En el capítulo 5 propone la solución de cubrir una estancia *ataudada*, es decir aquella que es más ancha por un lado que por otro. Para solucionar esta problemática se insta a utilizar un cartabón de armadura para cada par.

En el capítulo 6 se habla de las armaduras *izgonzadas*, es decir las que cubren estancias en las que uno de los testeros no es perpendicular a los muros más largos. Al igual que en el caso anterior el problema se resuelve con el empleo de los cartabones. Para ello solo debemos tirar un hilo desde el muro largo y perpendicular a él hasta que nos corte con el muro testero. El triángulo obtenido es el cartabón necesario para realizar los cortes en el último nudillo del almizate.

236 NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 99.

En el capítulo 7 Arenas comienza aplicando lo que ha expuesto en apartados anteriores al caso concreto de una armadura de lima bordón (limas únicas), diciendo: *“toma el grueso de la casa en doze tamaños y con el uno has una canbija y en ella saca el cartabón de armadura y del largo de su cola le daras a la alfarda seis tamaños desde la barbilla al copete”*



Figura 184. Hoja del manuscrito que muestra como obtener el largo de las péndolas, en este caso el de limas bordón nones. ²³⁷

Gran parte de todo el proceso de montaje de una armadura de lima bordón está aquí resumido: control numérico de la armadura, empleo de la escala y uso del cartabón como monte portátil. El resto son recetas para resolver los encuentros: la garganta tendrá $\frac{3}{5}$ del grueso del par, de forma que los cornezuelos tendrán $\frac{1}{5}$. La longitud de la lima bordón la establece con el cox de limas obtenido en una canbija a partir del cartabón de armadura. El grueso de la lima se obtiene dividiendo la diagonal de la armadura en tantas partes como hizo con el testero, tomando una de ellas para el grueso de la lima bordón.

Aunque se dan diferentes posibilidades en la organización de las armaduras, siempre pasa por repartirlas a calle y cuerda. Todas las aclaraciones de Arenas conducen al desarrollo de las armaduras sobre una pauta modular cuya unidad es el grueso de la madera. El hecho de elegir como unidad de medida uno de los elementos de la propia obra hace que todo el proceso esté armónicamente determinado.

En el capítulo 8 establece el largo de las péndolas, el cual se determina empleando el cartabón albanecar. El proceso se comprende fácilmente observando la página de su manuscrito.

En el capítulo 9 Arenas nos proporciona el repertorio de los cartabones de lazo, diciendo cuales hacen falta para trazar cada una de las ruedas de lazo. Su construcción ya la hemos explicado en el apartado anterior.

En el capítulo 10 resuelve la mayor sección que han de tener las limas mohamares (limas dobles), debido a que sus tablas han de ser paralelas una a las péndolas y otra a su lima mohamar contigua. Para ello Arenas da una sencilla receta a base de usar el cartabón cuadrado, el de armadura y el albanecar.

²³⁷ NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 109.

En el mismo capítulo, Arenas habla de la forma de ejecutar los lazos en las maderas, mostrando todos los secretos de su oficio. Es, como puede suponerse un apartado fundamental de su tratado. Continúa el capítulo con la forma de introducir el adorno de lazo en los tirantes. Para finalizar comenta la forma de obtener mediante la cambija los cartabones de armar.

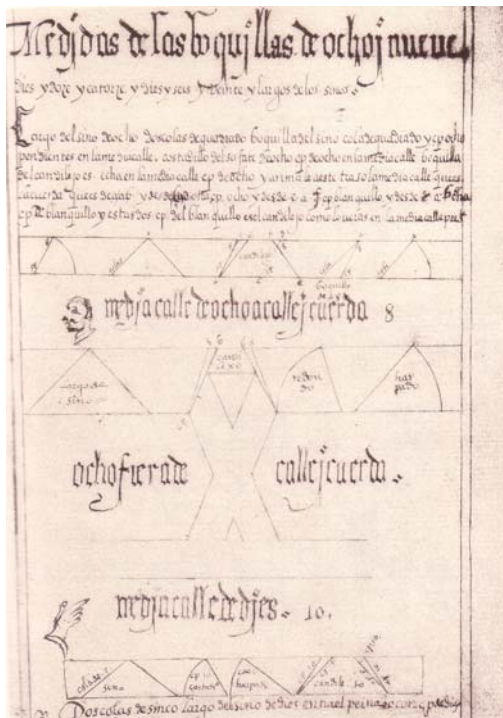


Figura 185. Hoja del manuscrito en la que explica la forma de obtener las medidas de las boquillas de ocho y nueve.²³⁸

El capítulo 12 comienza con la forma de hallar el desarrollo de una circunferencia conocido el radio, mediante la sencilla construcción del triángulo rectángulo de base el radio y de altura tres veces el mismo. Continúa este apartado con la forma de construir un almizate a partir de una muestra dada. Está claro que lo primero es saber el número de cuerdas (gruesos) que tiene el almizate de la muestra. Para ello están las recetas que en capítulos posteriores incluirá Arenas. Todo lo demás se reduce a repartir el nudillo en el número de gruesos que indique la muestra. De la lectura del texto se puede deducir que la división del ancho de la estancia está en función directa del tipo de lazo a introducir en la armadura. Por último comenta la forma de realizar los encuentros de las maderas para, asegurando las uniones, dar la sensación de entrecruzamiento en la cara de los perfiles.

En el capítulo 13 da el paso siguiente: a la forma de realizar un almizate según una muestra, añade la forma de montar una armadura a partir de la misma. Para ello Arena mide con el compás en la misma muestra y construye una cambija según el ancho de la estancia concreta a cubrir. Resulta que la colección de muestras de carpintero es realmente su bagaje artístico; el técnico reside en las enseñanzas que haya podido obtener del gremio.

En el capítulo 15, el maestro sevillano halla “sin abrir ni cerrar el compás” en la cambija todos los cartabones de lazo. A continuación explica la forma de trazar cada una de las ruedas de lazo, comenzando por sus sinos, los cuales resultan ser así los elementos generadores de toda la traza.

238 NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 121.

El capítulo 16 es el último de la primera parte del manuscrito, por lo que comenta algunos temas complementarios a todo lo dicho anteriormente. Así, habla de la ejecución del estribado de la estructura, del arrocabe y de la forma de empatillar los pares al estribo.



Figura 186. Portada de la segunda parte del manuscrito.²³⁹

A partir de aquí comienza la segunda parte del manuscrito. Esta parte contiene una gran cantidad de muestras de diferentes tipos de armaduras, sobre todo ochavadas.

El capítulo 17 estudia el principio de la construcción geométrica que le va a permitir montar las armaduras. Lo que hace Arenas es mostrar sobre un dibujo, donde representa abatidos los faldones de una armadura, los distintos elementos que va a obtener con las monteas. Esta explicación es una demostración más cercana a la forma de trabajar hoy en día estas armaduras de madera. Es en este capítulo donde el maestro sevillano no insiste tanto en armar al tercio las armaduras, ya que será el propio diseño del lazo aportado por las muestras el que predomine a la hora de diseñar la armadura.

En el capítulo 18 nos habla del pitipí y vemos como a través de este instrumento el carpintero consigue medir a escala, de forma que es capaz de hacer modelos para comprobar en el taller el efecto que tendrá la obra en la realidad.

A continuación Arenas comienza con su serie de muestras de faldones decorados casi todos ellos con lazo de diez. Llegado a este punto es importante resaltar por qué se emplea tanto el lazo de diez regular, o lefe, en las armaduras ochavadas. Aparte de la propia belleza del lazo en sí, el cual es el único que deja candilejos regulares, permite la disposición de pares resistentes concordantes con el lazo. Además, el albanecar al que obliga este lazo es la cabeza del cartabón de diez, 72°, el cual tiene como armadura la cola del atimbrón, 38° aproximadamente, pendiente bastante similar a la proporcionada por el cartabón de armadura usual, el de cinco, cuya cola tiene 36°.

Queda por tanto claro por qué el lazo de diez lefe era el más apreciado por los carpinteros de lo blanco, de manera que todo buen maestro se afanaba en conseguir su más perfecto trazado. El

239 NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 173.

principal inconveniente a la hora de introducir el trazado de diez lefe en las armaduras estribaba en resolver las complicadas discontinuidades que presentan los quiebro de los faldones. La clave estaba pues en resolver las discontinuidades del trazado de la mejor forma posible, siendo los puntos más conflictivos la calle del almarbate y la calle de limas. De aquí la insistencia de Arenas en las calles de limas y en la del almarbate: son los elementos donde podemos apreciar la calidad del artesano. Cuanto mejor se resuelva la transición, en concordancia con el lazo, más habilidad demuestra el maestro.

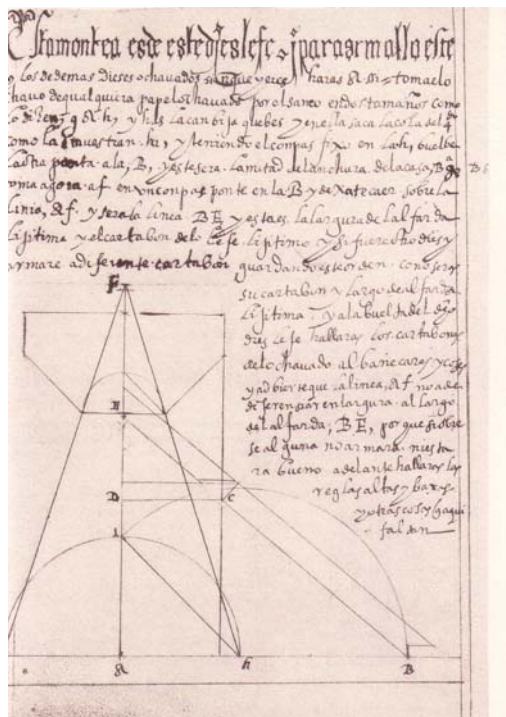


Figura 187. Hoja del manuscrito en que explica la construcción de una montea ochavada, que en este caso particular será decorada con lazo de diez.²⁴⁰

Una vez que ha explicado todas sus muestras, Arenas nos cuenta la forma de construir estos faldones mediante el empleo de la “regla alta” y la “regla baja”. Sobre ellas se replantean los pares y las limas, de forma que se pueda ejecutar el paño en el taller para llevarlo totalmente acabado a la obra de modo que con un simple ensamble se monta toda la armadura.

A partir de aquí, Arenas incluye en su manuscrito una serie de temas muy variados que le sirve para completar el programa de su tratado. Entre todos ellos podemos señalar en su folio 36 recto la construcción de un tablero, posiblemente ataujerado, decorado con lazo de ocho y dieciséis. En la hoja comenta que estos tableros pueden decorarse con otros lazos, como el de diez, de ocho y de nueve y doce. Para darles mayor riqueza recomienda que se embutan y guarnezcan, es decir, que se rellenen los azafates, sinos y candilejos con maderas decoradas. Arenas enseña la forma de realizar esta operación usando los cartabones de lazo.

Otro aspecto a reseñar lo podemos encontrar en el folio 39 verso en el cual Arenas aporta dos recetas para la elaboración de un racimo de mocárabes. Como fin a este repaso por el manuscrito de López de Arenas comentaremos que las últimas líneas de éste referentes a la carpintería de lo blanco, están dedicadas a la forma de ejecutar las medias naranjas y medias cañas de madera.²⁴¹

240 NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 211.

241 DUCLÓS BAUTISTA, G., *Carpintería de lo blanco...*, pp. 77-94.

4.4.2. EL TRATADO DE ARQUITECTURA DE FRAY ANDRÉS DE SAN MIGUEL.

Hacia la primera mitad del siglo XVII, un monje carmelita escribió un tratado sobre arquitectura dentro del cual dedicó una parte a las reglas de la carpintería de lo blanco. Fray Andrés de San Miguel nació en Medina Sidonia en 1577 y murió en Nueva España en 1652. Su verdadero fue Andrés de Segura de la Alcuña. Embarcó para América a los dieciséis años, estando de regreso en España entre 1595 y 1596, año en que volvió definitivamente a Nueva España, ingresando en la orden carmelita en 1600 como hermano lego.

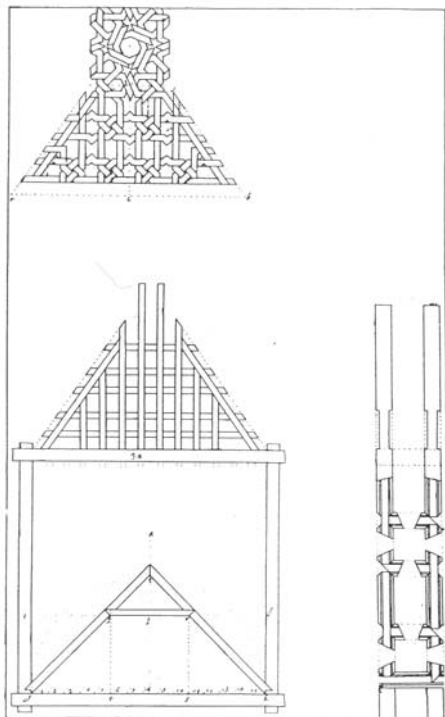


Figura 188. Montea y planta de una armadura.
Lámina XLVIII. ²⁴²

Hacia 1630 comenzó a redactar una serie de escritos sin aparente conexión entre ellos que después fueron reunidos para constituir los "Tratados de Arquitectura". Los temas que abarcan son muy diversos: arquitectura, matemáticas, hidrología, etc., pudiéndose distinguir tres grandes grupos temáticos. El primer grupo está dedicado a las reglas para construir los conventos e iglesias de la orden. El segundo trata sobre la carpintería de lo blanco y el tercero sobre el desagüe de la laguna de la ciudad de México.

La parte del tratado dedicado a la carpintería de lo blanco no contiene tantas recetas como el de López de Arenas. El tratado está dividido en apartados, sin solución de continuidad, como una serie de pequeñas lecciones que componen una gran unidad. En lo tocante a la carpintería, fray Andrés enseña los conceptos en los que a su juicio se basa toda esta técnica. No le interesa el desarrollo pormenorizado del oficio, sino los principios en que se basa. Estos principios son los que dan título a cada uno de los apartados de su tratado.

Comienza con el estudio del lazo de ocho y la forma de trazar la rueda de lazo. De ello se puede deducir la gran importancia que tiene para fray Andrés el lazo de ocho y la rueda de lazo como elemento generador de todo el trazado. El sistema de trazado es por radiación según los ángulos principales.

242 DUCLÓS BAUTISTA, G., *Carpintería de lo blanco...*, p. 97.

A continuación pasa a explicar como se montea una armadura con lazo de ocho, para lo cual relaciona el ancho de la estancia con el grueso de las maderas, cuya dimensión ha de estar en relación.

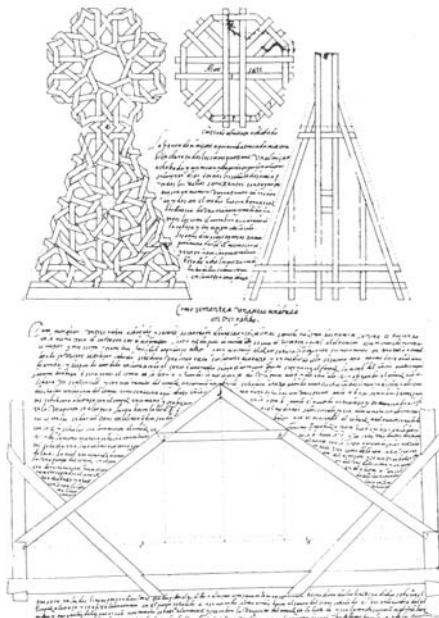


Figura 189. Reglas alta y baja, y lazo para una armadura ochavada. Lámina LVIII.²⁴³

Una vez realizado este replanteo, se elige el cartabón de armadura, poniendo como ejemplo el cuadrado y no el de cinco como hace Arenas. Las dimensiones de los pares quedan determinados por la geometría impuesta por el cartabón de armadura, el cual lo obtiene fray Andrés por la conocida construcción de la cambija. Para ello toma el ancho de la estancia y construye la cambija, hallando el cartabón de armadura. A diferencia de Arenas, éste no divide el ancho de la estancia en un número par de partes tomando una para trazar la cambija.

El monje carmelita debe por tanto trabajar sobre planos y pasar a la realidad mediante la toma de medidas en ellos. Resulta un método más teórico, que ha perdido la intuitividad y oficio del método expuesto por Arenas.

Sigue después con una serie de enseñanzas destinadas a realizar los cortes en los apoyos de los pares, barbillas, patillas y copetes.

A continuación indica el proceso de ejecución de los faldones en el taller, a base del empleo de las reglas alta y baja. No explica claramente el proceso, limitándose a nombrar cada uno de los elementos que participan en él.

Los siguientes apartados tratan de la forma de realizar los cortes en las maderas para encajar el diseño de lazo escogido, describiendo un proceso similar al del maestro sevillano. Mediante el empleo de los cartabones halla el largo de las boquillas del lazo de ocho, nueve, diez, doce, dieciséis y veinte. Realiza la observación de que conocidos unos pocos cartabones, los demás vienen originados por duplicarse el ángulo de cola, o por dividir el de cabeza mediante la bisectriz. De tal forma que por la cola del cuadrado obtenemos el cartabón de ocho, por la cola del de ocho obtenemos el cartabón del dieciséis, por la cola del de cinco el de diez, y por la cola del de seis, el de doce.

243 DUCLÓS BAUTISTA, G., *Carpintería de lo blanco...*, p. 101.

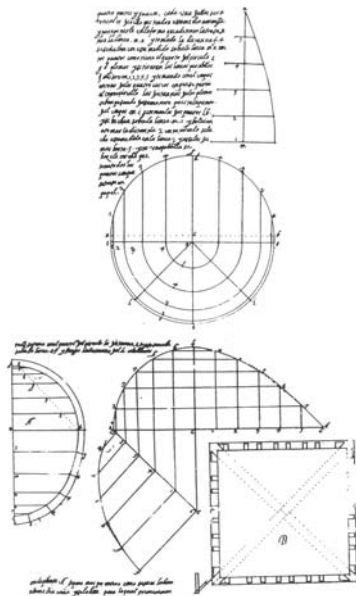


Figura 190. Método de trazado de la media naranja y la media caña.²⁴⁴

Al igual que todos los tratadistas, incluye a continuación un apartado dedicado al arrocabe. En estos textos se habla de la forma de disponer las diferentes piezas cuando la armadura necesita tirantes, ya que cuando no los necesita el proceso se simplifica enormemente. En el caso de que existan tirantes, se hace necesaria la existencia de canes, los cuales se asientan sobre la solera y apean a los tirantes. Hace falta apoyar los pares sobre un madera, de donde surge la necesidad de emplear el estribo, el cual asienta sobre los tirantes.

A continuación habla de los cortes de las boquillas del lazo de diez y de cómo se realizan los cortes en un par que vaya a tener este lazo. Para ello realiza un estudio monográfico del lazo de diez el cual, como Arenas, debe considerar el más perfecto.

Al igual que ocurriese en el manuscrito de López de Arenas, los últimos apartados fray Andrés los dedica a hablar de las plantillas para trazar los racimos de mocárabes, para finalizar su tratado referente a la carpintería de lo blanco acaba hablando de la forma de obtener las cerchas de una media naranja y una media caña.²⁴⁵

4.4.3. TRATADO DE ARQUITECTURA DE FRAY LORENZO DE SAN NICOLÁS.

Fray Lorenzo de San Nicolás (1595-1679) fue un agustino que publicó en 1633 el libro *Arte y Vso de la Architectura* y en 1655 *Segunda Parte del arte y uso de la Architectura*, ambos en Madrid. Fray Lorenzo fue a la vez que monje, un excelente maestro de obras y tratadista, cuya formación debió de ser similar a la de otros muchos religiosos de la época.

Su tratado tuvo posteriores reediciones. Así se imprimió por segunda vez el primer tomo de su tratado bajo el título *Segunda impresión de la primera parte del arte y uso de la architectura*, en 1667. La tercera y cuarta ediciones comprendieron los dos volúmenes, realizándose en 1736 y 1796.

Se trata de una gran obra que abarca numerosos temas relacionados con la Arquitectura, no del todo bien ordenados, y que van desde las definiciones de los elementos de Euclides, pasando por los órdenes clásicos, la construcción y patología de los edificios, hasta temas que afectan a la vida

²⁴⁴ DUCLÓS BAUTISTA, G., *Carpintería de lo blanco...*, p. 103.

profesional de los maestros de cada oficio. Además proporciona numerosas láminas de fachadas de iglesias, chapiteles, cúpulas, etc., y ha llegado a considerarse, a juicio de muchos expertos, como uno de los mejores tratados de arquitectura escritos nunca en España, de notable influjo en Hispanoamérica y cuyo conocimiento es esencial para estudiar la arquitectura española de los siglos XVII y XVIII.

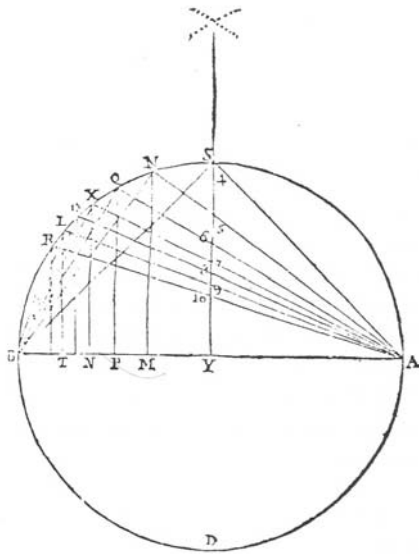


Figura 191. Método de obtención de los cartabones.²⁴⁶

Los apartados que más nos interesan dada la temática de este proyecto son los capítulos que están dedicados a la carpintería. Estamos ante unas enseñanzas encaminadas a mostrar todo lo que fray Lorenzo sabe de la carpintería como ciencia, por lo que no descende a la práctica del oficio de una manera tan clara y precisa como lo hicieron López de Arenas o posteriormente Rodrigo Álvarez. Como nota aclaratoria podemos señalar que todo lo enseñado por fray Lorenzo en sus apartados de carpintería se dirige a la construcción de armaduras que van a quedar ocultas, ya sea por bóvedas de escayola o de piedra, por lo que no tiene sentido hablar de decoración, ni de lacería ni de ningún otro tipo de ornamentación.

En lo referente a su tratado cabe reseñar el capítulo XLII del primer libro, dedicado a la obtención de la materia prima, al momento en que se ha de cortar la madera y como hacerlo. En el se recomienda que los árboles a talar sean de los que no tiene fruto, preferentemente que provengan de laderas orientadas al norte, y no de valles o vegas. También cita la clase de maderas más utilizadas, apoyándose para esto en Vitruvio. Además nos comenta que el momento más óptimo para cortar la madera sería desde principios de otoño a principios de primavera, y en luna menguante. Otro consejo que nos da es el que para talar un árbol debería darse un tajo hasta la mitad del tronco, dejando que destilara antes de cortarlo del todo. También nos explica la mejor forma de acopiar la madera así obtenida, de forma que esté a resguardo de la lluvia, el sol o el viento, garantizándose así el correcto secado de la misma y sobre todo evitando en la medida de lo posible la aparición de la carcoma.

245 DUCLÓS BAUTISTA, G., *Carpintería de lo blanco...*, pp. 94-102.

246 DUCLÓS BAUTISTA, G., *Carpintería de lo blanco...*, p. 106.

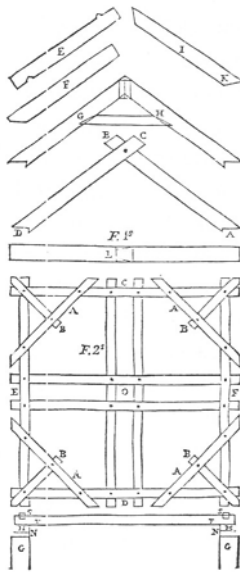


Figura 192. Elementos constituyentes de las armaduras. 247

En el capítulo XLII del primer libro comenta cómo se han de trazar las armaduras y cuantos tipos hay de ellas. Dichos tipos son función del cartabón que se use para armarlas. Los cartabones nombrados por el monje son el de cuatro, cinco, seis, siete, ocho, nueve y diez. El sistema de obtención se basa en el método de Euclides, es decir, en la división del semicírculo en partes iguales. La división no se hace pues “sin abrir ni cerrar el compás” sino por trazos proporcionales en el diámetro del semicírculo, sistema más propio de un erudito de la época que de un artesano gremial. De este modo comienza a explicar uno a uno la construcción de cada uno de los cartabones de armar, desde el de cinco hasta el de diez.

En el capítulo XLIV trata la forma de construir los diversos tipos de armaduras. Para fray Lorenzo los tipos son tres: a la molinera, con los pares empatillados, armadura de pares, que son las que hoy denominamos de par e hilera, y armadura con *jabarcon*, que serían las que hoy denominamos de par y nudillo.

A continuación habla del estriado de la armadura para lo cual afirma que el proceso de construcción de cualquier armadura parte de la disposición de unos zoquetes (nudillos) sobre el muro, a una distancia igual al ancho del mismo, con una longitud igual a $\frac{2}{3}$ de este ancho, y con un grueso igual al de la solera, la cual se asienta sobre estos zoquetes. Sobre la solera se asientan los tirantes, cuya separación será función del ancho de la obra, completándose la labor con la colocación de los cuadrales y los aguilonos. Finalmente se asienta el estribo sobre los tirantes, empalmándose a cola de milano. El grueso de todas estas maderas quedará a criterio del Maestro.

Seguidamente habla de los chapiteles para los que establece un sencillo método de control proporcional basado en que su altura no debe sobrepasar vez y media el ancho de la torre a cubrir, dejando que el remate llegara hasta una altura igual a dos veces el ancho.

Por último cabe resaltar el capítulo LII el cual trata de los cimborrios de madera que cubren las cúpulas. Se describe pormenorizadamente el proceso constructivo de este elemento y se fija la altura de la linterna en dos veces su diámetro. Para armar la estructura que sostiene la cupulilla superior se empleara el cartabón cuadrado. Este capítulo dedicado a los cimborrios y su proceso

247 DUCLÓS BAUTISTA, G., *Carpintería de lo blanco...*, p. 106.

de ejecución, servirá de inspiración a tratadistas posteriores, como Rodrigo Álvarez o Berruguilla.²⁴⁸

4.4.4. EL MANUSCRITO DE RODRIGO ÁLVAREZ.

En el año 1699 el maestro carpintero Rodrigo Álvarez escribió en Salamanca un pequeño tratado que sería sin duda un borrador ya avanzado de su posible versión impresa. El salmantino lo tituló *“Breve compendio de la carpintería y tra(ta)do de lo Blanco, con Algunas cosas tocantes A la lometría y Puntas del compas.”*



Figura 193. Portada del manuscrito de Rodrigo Álvarez.²⁴⁹

El manuscrito se conserva en la biblioteca de la Fundación Lázaro Galdiano de Madrid. Se trata de una serie de 64 folios numerados que después han sido encuadernados y cortados, sufriendo una nueva numeración que no coincide con la original.

El manuscrito tiene la estructura de otros muchos tratados de la época. El Libro Primero cuenta con unos primeros capítulos, del 1 al 7, dedicados a cuestiones generales: la Arquitectura y el papel del arquitecto, los principios que deben regir en los edificios, del terreno donde se asientan, etc. Siguen los capítulos 8 al 11, donde habla de los materiales, piedra, cal, arena y la forma de obtener y cortar la madera, apartado muy similar al del tratado de fray Lorenzo. Del capítulo 12 al 20 trata sobre geometría euclidiana, y del 21 al 24 de las aguas y los caños. Hasta el Libro Segundo, que empieza con el capítulo 25, no comienza a hablar propiamente de la carpintería de lo blanco, tema que ocupa el resto de la obra hasta el Libro Tercero, desde el capítulo 52 al 58, donde trata la medición de superficies y volúmenes, tasaciones y relojes.

Si comparamos este manuscrito con el libro de Arenas, vemos que el tratado de Álvarez no es sino una copia, a veces literal, del compendio del maestro sevillano. Rodrigo Álvarez decidió seguramente perpetuar sus conocimientos o ganar algunos méritos y, conociendo el trabajo de Arenas, tomó de él gran partes de sus textos sin citar para nada al maestro sevillano. No obstante en el trabajo de Álvarez se observan algunas aportaciones, principalmente en la ejecución de los

248 DUCLÓS BAUTISTA, G., *Carpintería de lo blanco...*, pp. 102-110.

arrocabes y el estribado, y fundamentalmente en las armaduras de cinco paños, cuestiones que Arenas no trataba tan en profundidad.

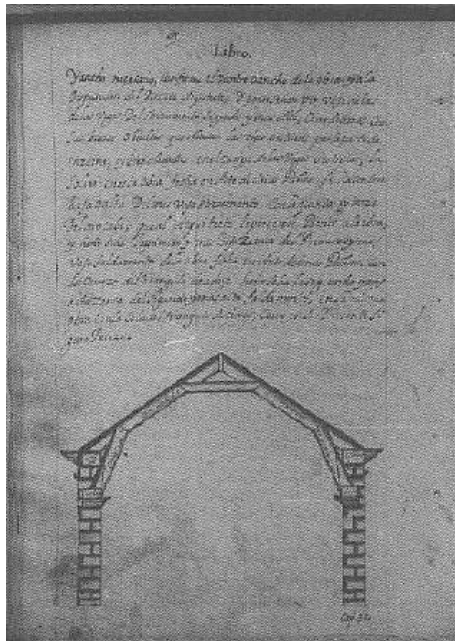


Figura 194. Hoja del manuscrito que muestra el estribado de las armaduras de cinco paños.²⁵⁰

Rodrigo Álvarez organiza los apartados relativos a la carpintería de forma rigurosamente coherente con el proceso constructivo de las armaduras, a diferencia de Arenas, quien es mucho más anárquico. De este modo el maestro salmantino comienza en el capítulo 25 clasificando las armadura en dos, tres y cinco paños (siendo la de dos la armadura de par e hilera), pudiendo ser cada una de ellas cuadradas, cuadrangulares (si son rectangulares) y ochavadas. Su clasificación resulta ejemplar comparándola con la del resto de tratados.

En el capítulo 26 comenta la forma de asentar las soleras sobre los muros en el proceso constructivo de las armaduras. Así nos explica que las soleras asientan sobre los nudillos, unas maderas de poca escudaría cuya

longitud coincide con el espesor del muro, colocándose a una vara de distancia (83.59 cm.) uno de otros. Las soleras además deberán estar perfectamente asentadas, bien fijadas y a nivel.

Llegados a este punto, y suponiendo que se quisiera ejecutar una armadura ochavada, proporciona la forma de replantear el ochavo mediante el método numérico propuesto por Arenas en su libro: se divide el testero en doce tamaños colocando el cuadrado a 3 y $\frac{1}{2}$ de la esquina, quedando una división tal que así: $3 \text{ y } \frac{1}{2} - 5 - 3 \text{ y } \frac{1}{2}$.

Siguiendo el orden constructivo lógico, aborda en el capítulo 27 la disposición de los tirantes. Aquí el maestro salmantino comenta que en aquellas obras en las que la estancia a cubrir sea mucho más larga que ancha, será necesario arriostrarlas mediante tirantes, ya que la excesiva longitud de las soleras no serían capaces de resistir por sí solas a los empujes de los faldones. En cambio las obras en que la relación entre su longitud y su anchura no fuesen excesivamente alta, se pueden resolver aumentando la sección de las soleras. Rodrigo Álvarez no es muy partidario del empleo de los tirantes ya que afean las armaduras, aunque admite su indudable utilidad.

249 TOAJAS ROGER, M^a. A., Un manuscrito inédito de arquitectura y carpintería del siglo XVII: "El Breve compendio y tra(ta)do de lo blanco" de Rodrigo Álvarez (1674), *Anales de Historia del Arte*, nº 1-1989-181-195, Madrid (reproducido en página web <http://ucm.es/BUCM/revistas/ghi/02146452/articulos/ANHA8989110181A.PDF>).

250 TOAJAS ROGER, M^a. A., Un manuscrito inédito de arquitectura...

En estos capítulos podemos destacar la minuciosidad y afán de perfección con los que Álvarez plantea todo el sistema del estribado. Así pues todo el proceso de estribado y atirantado de la armadura está escrupulosamente regulado, de forma sencilla y fácil de recordar y controlar mediante recetas numéricas y proporciones.

En el capítulo 28 habla de las medidas de cada uno de los elementos que integran el arrocabe.

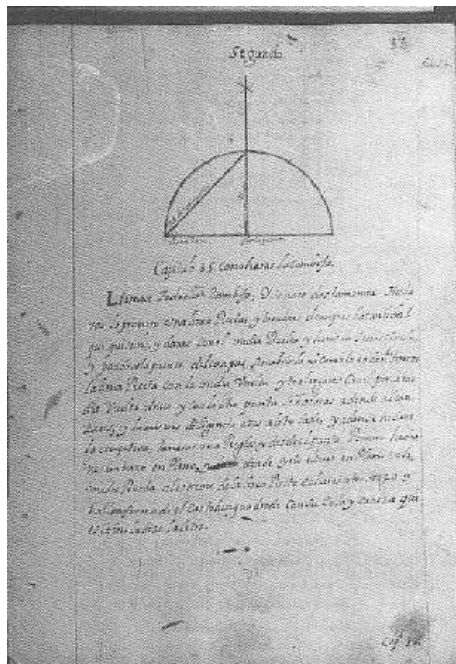


Figura 195. Hoja del manuscrito que explica la construcción de los cartabones de armar, en este caso se trata del cartabón del cuatro.²⁵¹

A continuación, en los capítulos 29, 30 y 31 trata del estribado para los casos particulares de las armaduras de planta cuadrada y rectangular. En ellos propone la sustitución de los tirantes de madera, que obligatoriamente hay que colocar en las armaduras de planta alargada, por tirantes de hierro.

En el capítulo 32 describe la colocación y longitud de los cuadrales sobre la solera de las obras cuadradas. Estas piezas resultan aseguradas con los contrapares o saetas, que es lo mismo que fray Lorenzo denominaba aguilones.

En el capítulo 33 trata el mismo tema pero sobre armaduras ochavadas, con la consiguiente variante del estribado ya que en estos caso los cuadrales se colocan sobre los estribos para poder recibir el faldón ochavado.

En el capítulo 34 trata del estribado de las armaduras de cinco paños. Los apartados dedicados a estas armaduras son fundamentales pues en ningún otro tratado aparecen estudiadas. La diferencia con las armaduras de tres paños es que en este caso tenemos dos niveles de estribado, siendo el más bajo de sección que el alto, debido a la mayor verticalidad del empuje de los pares. La distancia vertical entre estribos es prácticamente igual a 1/5 del ancho de la estancia a cubrir. Una vez establecido esto, el proceso que debemos realizar para construir una armadura de cinco paños es el mismo que el que debemos realizar para una armadura de tres paños, armándose en primer lugar los faldones superiores, para colocar posteriormente los jabalcones que forman los faldones inferiores. Esta es la razón de que Álvarez establezca a priori la distancia vertical entre estribos: él considera las armaduras de cinco paños como de tres paños jabalconadas, y para cuando empiece a armar los paños superiores, no sólo ha tenido que asentar

251 TOAJAS ROGER, M^a. A., Un manuscrito inédito de arquitectura...

el estribado correspondiente, sino también el de los faldones inferiores. Por tanto la primera labor consiste en asentar ambos niveles de estribado.

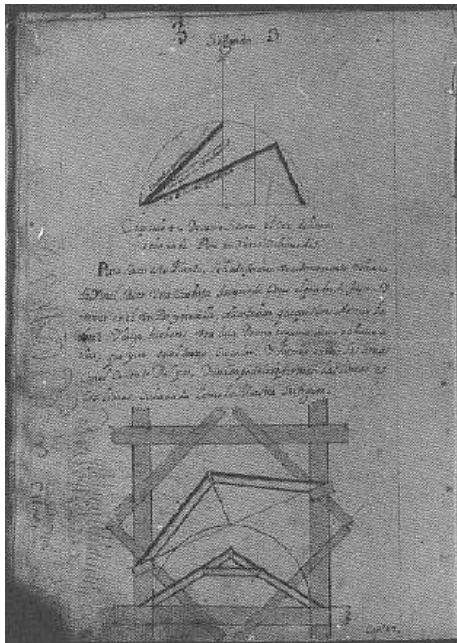


Figura 196. Hoja del manuscrito en la que Álvarez nos muestra la manera de ochavar una estancia, obteniendo los cartabones necesarios.²⁵²

Este capítulo resulta clave para avanzar en la carpintería de lo blanco, pues llena una laguna importante dejada por los demás tratadistas, y sigue el camino de controlar el diseño y la ejecución de las armaduras mediante el uso de recetas numéricas.

A partir de aquí el manuscrito comienza a hablar de los cartabones, de su forma de obtención y del proceso de ejecución de las armaduras. En el capítulo 35 trata sobre la cambija y la obtención del cartabón cuadrado.

En el capítulo 36 dice la forma de obtener los cartabones, usando para ellos el mismo procedimiento que Arenas, es decir mediante la técnica de la cambija, “sin abrir ni cerrar el compás”. De este modo obtiene el cartabón de cuatro y medio, de cinco, de seis, de ocho, de nueve y el

blanquillo. Seguidamente realiza una explicación pormenorizada de la forma de obtener cada uno de ellos.

A continuación comienza una serie de apartados destinados a enseñar la forma de montar las distintas armaduras, y a obtener sus cartabones. En el capítulo 37 dice la forma de *herir el par*, término ya usado por Arenas, y consistente en hallar la longitud del par teniendo en cuenta la pendiente del faldón.

En el capítulo 38 enseña a labrar el nudillo de una armadura de tres paños, dividiendo para ello el ancho de la estancia en tres partes, siendo una de ellas el largo del nudillo.

En el capítulo siguiente, al que vuelve a llamar 38 por equivocación, obtiene el cartabón de albanecar y el cox de limas para armaduras cuadradas. Realiza el sistema de una forma directa e intuitiva sobre la monte y la planta de la armadura, utilizando un diagrama muy similar al empleado por Arenas en su manuscrito.

252 TOAJAS ROGER, M^a. A., Un manuscrito inédito de arquitectura...

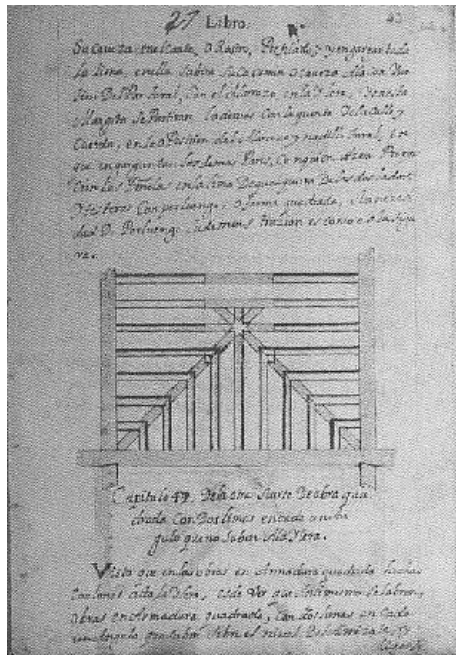


Figura 197. Hoja del manuscrito en que nos muestra la distribución de los pares y péndolas en una armadura de limas bordones nones. ²⁵³

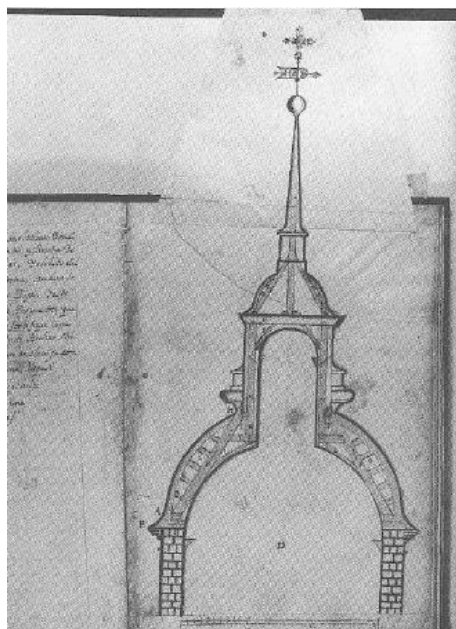


Figura 198. Hoja del manuscrito en la que Álvarez muestra un dibujo del capitel de una iglesia. ²⁵⁴

En los capítulos 39 y 40 realiza la misma operación, pero sobre la cambija, según la tradición heredada. En los capítulos 41 y 42 hace lo mismo que en los capítulos 38, 39 y 40 pero sobre una planta ochavada.

En el capítulo 43 halla el campaneo de las limas mohamares (que el llama jairas) por el mismo procedimiento que Arenas.

Desde el capítulo 44 al 48 describe la ejecución de las distintas armaduras, ya tengan o no almizate, el ensamble de las péndolas con el último nudillo, los casos de número par o impar de pares en los testeros.

En el capítulo 49 propone la solución al problema de las armaduras que presenta un testero más ancho que el otro, solución ya propuesta por Arenas en su manuscrito y sin duda copiada por Álvarez del libro del maestro sevillano.

En el capítulo 50 trata de la construcción de una “cúpula de carpintería”, que no es sino una media naranja con linterna una aguja en la coronación. Este capítulo es muy posible que esté tomado del tratado de fray Lorenzo, siendo al menos una muestra de que el autor se mantenía al tanto de las técnicas carpinteras de la época. Por tanto podemos deducir que Rodrigo Álvarez debe ser no tanto “.....maestro del dicho oficio” como así se califica en la portada de su manuscrito, sino un oficial bastante avanzado, lo que las Ordenanzas de Sevilla establece como oficial de obras de afuera de armaduras llanas. Nos basamos para decir esto en la exhaustividad con que Álvarez trata temas como el de la ejecución del arrocabe,

²⁵³ TOAJAS ROGER, M^a. A., Un manuscrito inédito de arquitectura...

²⁵⁴ TOAJAS ROGER, M^a. A., Un manuscrito inédito de arquitectura...



IGLESIA PARROQUIAL DE LA CONCEPCIÓN DE CARAVACA DE LA CRUZ
ESTUDIO HISTÓRICO-CONSTRUCTIVO DEL ARTESONADO MUDÉJAR.
INTERVENCIÓN PARA SU CONSERVACIÓN.

Universidad Politécnica de Cartagena. E. U. de Ingeniería Técnica Civil. Arquitectura Técnica

Alberto Valera Royo

Proyecto Fin de Carrera



cuestión no sería tan supervisada por el maestro en una obra. Además el salmantino no trata de las obras con lazo, y cuando habla de los cartabones de lazo lo hace como si transcribiera unas recetas heredadas, cometiendo errores y, seguramente, sin comprenderlas.²⁵⁵

255 DUCLÓS BAUTISTA, G., *Carpintería de lo blanco...*, pp. 110-122.

5. DESCRIPCIÓN HISTÓRICA



Figura 199. Torre de la Concepción vista desde el paseo de la Corredera.



Figura 200. Torre de la Concepción vista desde el Templete.



Figura 201. Vista aérea de la Iglesia Parroquial de la Purísima Concepción y del Templete.

La construcción de la iglesia parroquial de Nuestra señora de la Concepción de Caravaca se extiende entre los siglos XV y la segunda mitad del siglo XVIII. Se encuentra ubicada en extramuros de la villa al comienzo de la calle Corredera, junto a otros dos monumentos de gran valor artístico como el Convento de los Carmelitas Descalzos y el Templete, lo que contribuye a su contextualización y refuerza su valor patrimonial en un entorno urbano de singular calidad.

El primitivo núcleo urbano, de origen musulmán, se extendía más allá de cinco hectáreas y quedaba circunscrito por una muralla de 875 metros de tapial con al menos doce torreones almenados y dos puertas, la llamada del Sol y la de Santa Ana. A finales del siglo XV es cuando el crecimiento urbano se expande fuera de las murallas gracias a la seguridad que ofrece la conquista de Granada y por tanto la desaparición de fronteras. A finales del siglo XVI, tras un espectacular aumento demográfico, el espacio urbano queda configurado en su totalidad, prácticamente idéntico hasta principios del siglo XX.

La Concepción se sitúa en una de las cuatro vías de comunicación que la ciudad presentaba, concretamente la que se dirigía a Lorca, Granada y Andalucía Oriental, cuyo punto de partida y llegada era la puerta de Santa Ana. En la misma Corredera encontramos otros dos monumentos: el Convento de los Carmelitas Descalzos y el Templete.²⁵⁶

²⁵⁶ www.caravaca.org



Figura 202. Imagen desde el interior de la torre de la Concepción de la ciudad de Caravaca de la Cruz.



Figura 203. Imagen desde la veleta de la torre de la Concepción de la ciudad de Caravaca de la Cruz.



Figura 204. La torre de la Concepción vista desde la cubierta de la capilla de San Juan de Letrán

La Concepción pertenece al tipo de ermitas, parroquias y santuarios que surgieron fuera de los primitivos cascos urbanos, a extramuros, y que con el paso del tiempo y el aumento demográfico quedaron integrados dentro del entramado urbano. Forma parte del conjunto monumental constituido por el desaparecido Hospital de Caridad y el propio templo que surgió como iglesia de aquél.²⁵⁷

La Cofradía Hospital de San Juan de Letrán, titular de la Iglesia de la Concepción, fue fundada en fecha incierta. Algunos autores apuntan hacia la Reconquista y otros en tiempos de Papa Honorio IV, es decir a finales del siglo XIII. Estaba formada por oficiales de diferentes gremios, carpinteros, plateros, esparteros.... con exclusión expresa de los labradores.

Se sabe que en 1532 la orden se renovó y a partir de ese año aparecen las primeras actas en las que figuraban 129 miembros, incluidos cuatro clérigos. Formaron una unidad independiente ayudada por numerosas bulas e indulgencias papales. Sería largo y tedioso relatar el número de concesiones que el poder papal brindó a la cofradía y que denotan la importancia y buenas relaciones que la cofradía mantenía con la silla pontificia. Se deben destacar los lazos estrechos que le unía con los obispos de la Diócesis de Cartagena.

La finalidad principal de la cofradía residía en socorrer a los pobres, desvalidos y enfermos que solicitaran su ayuda. Desde el principio contaron con una casa de recogida para los pobres situada junto a la Iglesia. El asilo -hospital, según Marín Espinosa, era un edificio grande y

²⁵⁷ www.turismoyarte.com/regiones/murcia/caravaca_de_la_cruz



Figura 205. Fachada Sur de la Iglesia Parroquial de la Purísima Concepción vista desde el paseo de la Corredera.



Figura 206. Puerta de acceso a la Iglesia de la Concepción situada en la fachada Sur.



Figura 207. Aspecto de la fachada Sur de la Iglesia Parroquial de la Concepción tras la última restauración sufrida.

de cómodas habitaciones para el alivio de los pobres y enfermos que comunicaba directamente con la iglesia a través del coro. Los bienes de la cofradía fueron desamortizados en 1835.

La idea de construir el edificio, bajo una doble advocación a Nuestra Señora de la Concepción y San Juan de Letrán, que formaba parte del conjunto monumental constituido por el desaparecido hospital – asilo de caridad- y el propio templo, ya estaba en mente de los cofrades a principios de la década de los treinta del siglo XVI, no sólo con la finalidad de celebrar el servicio litúrgico, sino también para poder enterrar allí a los miembros de la cofradía.

El capital para sufragar la obra provenía de donaciones de propiedades y solares, de las cuotas anuales de los miembros, de las admisiones de los nuevos, adquisiciones de sepulturas y de las numerosas ayudas procedentes de las bulas papales. Sin embargo, la escasez de medios económicos, además de la habitual ralentización de las actividades en las estaciones invernales, es la causa de la larga duración de las obras que se extienden desde su iniciación en los años 1532-1533, hasta la culminación de la torre de la iglesia en el siglo XIX.²⁵⁸

Se pueden establecer tres etapas en la construcción del templo. La primera entre 1532 y 1560 es el periodo importante en el que se decide la traza, la cabecera, el cuerpo principal de la iglesia, a excepción de la tribuna y el tramo de los pies, y las dos capillas laterales.



Figura 208. Acceso a la capilla de San Juan de Letrán.



Figura 209. Solar colindante a la fachada Norte de la Iglesia de la Concepción, y que en su día fue el hospital de la Cofradía de San Juan de Letrán.



Figura 210. Cubierta de la nave central de la Iglesia de la Concepción, resuelta mediante un bellissimo artesonado mudéjar del siglo XVI.

El autor de la traza es desconocido. El primer artista con nombre y apellidos que aparece ligado al templo de la Concepción es Martín de Homa, maestro cantero contratado por la cofradía en 1544, que había trabajado años antes en El Salvador de Caravaca. Algunos autores atribuyen la traza del templo a este artista, por las similitudes que tiene con la iglesia de El Salvador, pero podría ser obra de alguno de los numerosos canteros y artistas forasteros que participaron en la construcción de esta última.

Martín de Homa fue contratado para la construcción de la capilla mayor a la que se añadió la capilla de San Juan de Letrán, de doble embocadura y al lado del evangelio. A la década de los sesenta corresponde la terminación de la capilla del Cristo, gemela a la de San Juan de Letrán y situada frente a ella en el lado de la epístola construida por Juan Miravete, carpintero de profesión y miembro de la cofradía.

A partir de estas fechas se produce un largo parón en la construcción que no se reanuda hasta finales de la década de los ochenta o principios de los noventa. Quizá en este tiempo se realizó la construcción del hospital adosado al lado norte del edificio, en un solar que fue donado en 1563. Domingo Ortiz es el siguiente nombre que se liga a la historia de la construcción de la iglesia de la Concepción. Diego de Villabona junto al citado Domingo Ortiz terminó la nave a comienzos del siglo XVII. Lo que restaba por hacer se fue abordando paulatinamente, siguiendo el mismo ritmo que los trabajos anteriores.²⁵⁹

259 www.regmurcia.com



Figura 211. Armadura de cubierta de la torre campanario de la Iglesia de la Concepción.



Figura 212. Último cuerpo de la torre de la Concepción realizado a base de ladrillo.

Una vez concluida la caja del edificio se sacó a concurso el corte de la madera para realizar el artesonado, ganándolo Baltasar Molina, personaje del que no se sabe nada, pero suficiente muestra de su talento es el ejemplo que dejó en la Concepción, donde cada tramo responde a una unidad independiente, las vigas reposan sobre arcos de sillería y concluyen en canecillos decorados con ovas y acantos.

En cuanto a la torre son varios los siglos que la enmarcan, del XVI al XIX. El cabildo del uno de Noviembre de 1609 (fecha del comienzo de la tercera y última etapa de construcción 1609 – 1616) trató la conveniencia de dotar con una torre a la iglesia, igual que se estaba haciendo en El Salvador. Esto coincidió con la aparición de grietas en la capilla mayor, por lo que se llamó a Damián Plá el nueve de Junio de 1611 quedando éste ligado a la cofradía para las tareas de construcción y reparaciones de lo ya existente.

Hacia 1620 el primer cuerpo de la torre se encuentra formado por cuatro cuerpos, tres de ellos de sillería, contemporáneos al resto de la iglesia y el último cuerpo de ladrillo macizo que responde a soluciones de finales del siglo XVIII o principios del XIX. El tejado es de teja árabe vidriada de azul, que le confiere un aspecto diferente en el conjunto de torres de la ciudad. Dispone de reloj con una sola campana.²⁶⁰

260 www.regmurcia.com

6. ANÁLISIS ARQUITECTÓNICO Y COMPOSITIVO DE LA IGLESIA PARROQUIAL DE LA CONCEPCIÓN DE CARAVACA DE LA CRUZ.

6.1. DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA.

6.1.1. LA IGLESIA.



Figura 213. Nave central de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz.



Figura 214. Acceso a la capilla de San Juan de Letrán.

La Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz es un edificio de cuarenta metros de largo por veintitrés de ancho realizado con mampostería enlucida. En ella podemos diferenciar claramente tres zonas: la nave central que queda dividida en cuatro tramos por arcos de fábrica de medio punto, el presbiterio y las capillas laterales.

A manera de crucero se abren dos capillas simétricas, a la izquierda y en el lado del Evangelio, la Capilla de la Cofradía de San Juan de Letrán y a la derecha en el lado de la Epístola, la Capilla del Cristo. Es por esta última capilla por donde se accede a las dependencias de la iglesia, tanto a la sacristía como al domicilio del párroco.²⁶¹

La nave central de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz se divide en cuatro tramos, siendo el primero de ellos de muy reducidas dimensiones ya que es el que se encuentra sobre el coro. El resto de tramos son de similares dimensiones aunque ligeramente mas largo el tramo central de la nave y que se encuentra inmediatamente antes del crucero de la iglesia.

En la cabecera de la iglesia se levanta su esbelta torre, rematada por un campanario construido en el siglo XVIII y que recibe el nombre de “Torre de los Pastores”.

261 MELGARES GUERRERO, J. ANT., MARTÍNEZ CUADRADO, M^a AMPARO, *Historia de Caravaca a través de sus monumentos*, Murcia, Obra Cultural de la Caja de Ahorros Provincial de Murcia, 1981, p. 94.



Figura 215. Fachada Sur de la Concepción vista desde el paseo de la Corredera.

Esta torre presenta cuatro cuerpos: los tres primeros están realizados a base de sillería y son contemporáneos del resto de la iglesia, y el cuarto está rematado con ladrillo macizo.

La cubierta de la torre está rematada con teja árabe vidriada de color azul, que le confiere un aspecto diferente en el conjunto de torres de la ciudad. En un principio la torre se construiría con una doble misión, por un lado informar desde su atalaya al cercano castillo de posibles incursiones peligrosas, y por otro, servir de punto de referencia a los pastores de la zona. De esta última “misión” le debe el nombre la torre.²⁶²

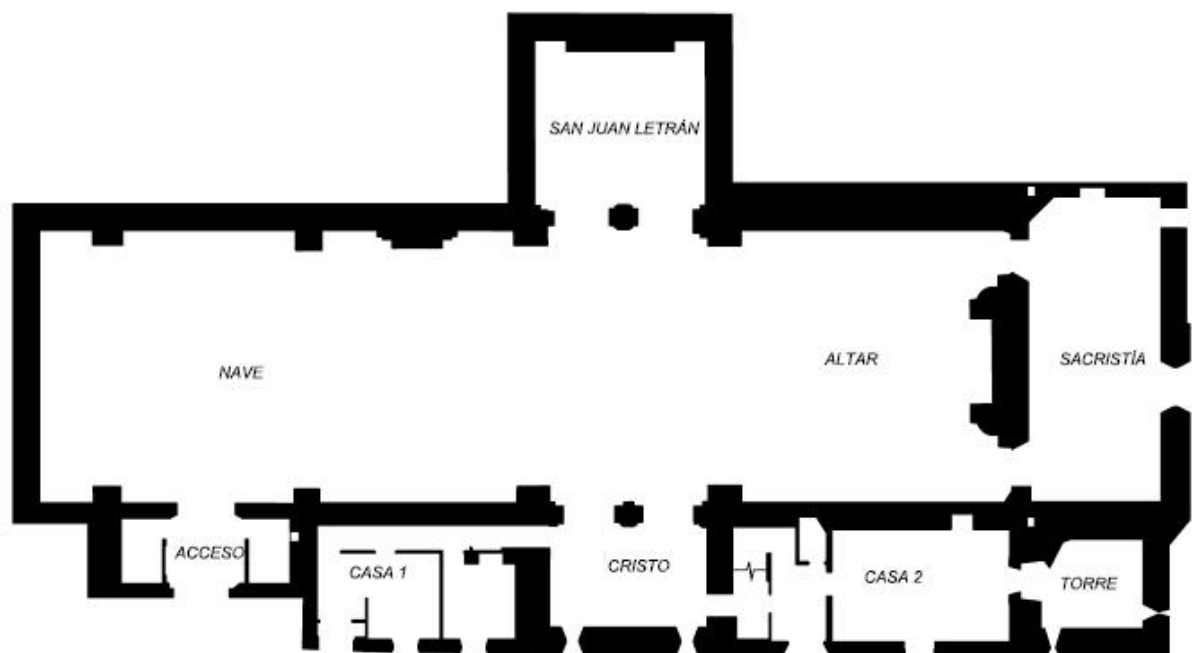


Figura 216. Planta de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz, indicando cada una de sus zonas.

²⁶² MELGARES GUERRERO, J. ANT., MARTÍNEZ CUADRADO, M^a AMPARO, *Historia de Caravaca...*, p. 96.



Figura 217. Coro actual de la Concepción.

El coro situado a los pies de la iglesia, constaba hasta la década de los setenta del pasado siglo, de dos cuerpos, uno inferior a mayor altura que el resto de la nave, con acceso directo desde el hospital para albergar a los ancianos que desde allí asistían a los oficios religiosos, y otro superior situado sobre éste y que cumplía las funciones de coro.

Las obras que durante los tres primeros años de la década de los setenta del siglo pasado se realizaron bajo el mecenazgo de la Dirección General de Arquitectura del Ministerio de la vivienda, sustituyeron el pavimento de madera por el actual de piedra, con lo que se perdió la formidable acústica que caracterizaba al recinto.²⁶³



Figura 218. Retablo Mayor de la Concepción de estilo barroco del siglo XVIII.

Respecto a la decoración del interior de la iglesia parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz, conviene destacar el retablo mayor de estilo barroco del siglo XVIII, con bella imagen de la Purísima Concepción obra del escultor caravaqueño Francisco Fernández Caro, discípulo de Salzillo.

Igualmente destacable es la imagen de dos ángeles lampararios de buena estofa realizados en el siglo XVIII, y que se encuentran junto al acceso a la capilla de San Juan de Letrán.

En un recorrido desde los pies de la iglesia y siguiendo el sentido de las agujas del reloj, hallamos el retablo de San Nicolás, barroco churrigueresco del siglo XVIII, con columnas salomónicas e imagen moderna del titular. A su izquierda nos encontramos con un gran lienzo que representa el milagro de los panes y los peces, obra del siglo XVII cuyo autor desconocemos.²⁶⁴

263 MELGARES GUERRERO, J. ANT., MARTÍNEZ CUADRADO, M^a AMPARO, *Historia de Caravaca...*, p. 94.

264 MELGARES GUERRERO, J. ANT., MARTÍNEZ CUADRADO, M^a AMPARO, *Historia de Caravaca...*, p. 95.



.Figura 219. Retablo de San Nicolás de estilo barroco churrigüesco.



Figura 220. Acceso a la capilla de San Juan de Letrán

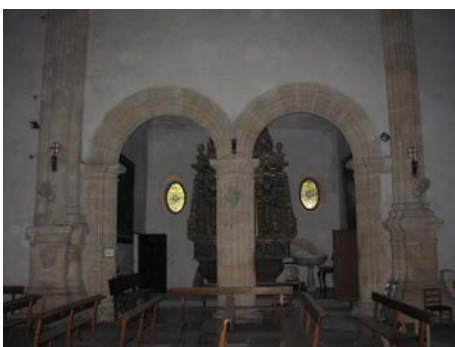


Figura 221. Acceso a la capilla del Cristo.

Y dentro de la capilla de San Juan de Letrán nos encontramos un retablo escurialense del siglo XVII con esculturas barrocas de San Juan, San José y San Francisco en nichos avenerados. En el ático observamos el lienzo de la “Adoración de los Pastores”, obra muy cercana al pintor murciano Pedro de Orrente. En los muros laterales hallamos lienzos muy deteriorados de las santas Alodía y Nunilona con los atributos del martirio, y también otro lienzo deteriorado que representa la aparición de la Virgen a un santo Domenico.

En la capilla del Cristo, encontramos un retablo rococó del siglo XVIII donde aparecen los estípites y las rocallas como elementos decorativos. También podemos contemplar “el titular”, imagen del “Ecce Homo” (o Señor del Balcón como se le conoce popularmente a la escultura que desfila procesionalmente en la mañana del Viernes Santo Caravaqueño). A la entrada en la capilla contemplamos un lienzo ochavado alegórico del siglo XVIII, y junto a él otro lienzo con el tema de Tobías y el Ángel, de la misma época que el anterior y de escaso mérito artístico pero que quizá sirviese de idea al que en el siglo XIX llevó a cabo Rafael Tejeo para el Santuario de la Cruz.²⁶⁵

265 MELGARES GUERRERO, J. ANT., MARTÍNEZ CUADRADO, M^a AMPARO, *Historia de Caravaca...*, p. 96.

6.1.2. EL ARTESONADO.



Figura 222. Nave central de la Concepción con el coro al fono.



Figura 223. Cubierta de la nave central de la Concepción.

La nave central de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz se cubre con un artesonado mudéjar de madera policromada que apoya su estructura en seis columnas dóricas embutidas en las paredes de la nave del templo sobre la que cruzan los respectivos arcos de medio punto donde cargan las vigas de madera. Se trata de un artesonado del primer tercio del siglo XVI y es uno de los pocos ejemplos de esta técnica que ha perdurado en la Región de Murcia hasta nuestros días.²⁶⁶

Como veremos más adelante, la cubierta de la Concepción no podemos englobarla como armadura de cubierta en sí, ya que más bien se trata de un forjado inclinado en el que se aprovecha las dos últimas correas de cada faldón antes de su encuentro con la cumbrera para montar un forjado plano que hace las veces de almizate, aunque estructuralmente hablando no podemos considerarlo como tal ya que no tiene ninguna función resistente.

Por tanto debemos clasificar la cubierta de la nave central de la Concepción de Caravaca como un forjado inclinado que apoya sus elementos estructurales, en este caso las correas de madera, sobre grandes arcos de medio punto de mampostería. Estas correas a su vez no apoyan directamente sobre los arcos de fábrica sino que lo hacen sobre ménsulas de madera evitando en la medida de lo posible la humedad que los arcos le confieren a la madera, y que la harían fácilmente atacable a los agentes xilófagos. Perpendiculares a las correas se sitúan los pares de madera que constituyen el entrevigado del forjado de cubierta. Estos pares apoyan en las correas y sobre ellos se sitúan las cintas y los saetinos que cuajan superiormente el forjado de cubierta. En el apartado siguiente trataremos con mayor profundidad la composición de la cubierta de la nave central, distinguiendo entre la zona del almizate y la correspondiente a los faldones inclinados.

266 MELGARES GUERRERO, J. ANT., MARTÍNEZ CUADRADO, M^a AMPARO, *Historia de Caravaca...*, p. 95.

6.1.3. LAS CUBIERTAS:



Figura 224. Cubierto del presbiterio con el retablo mayor al fondo.

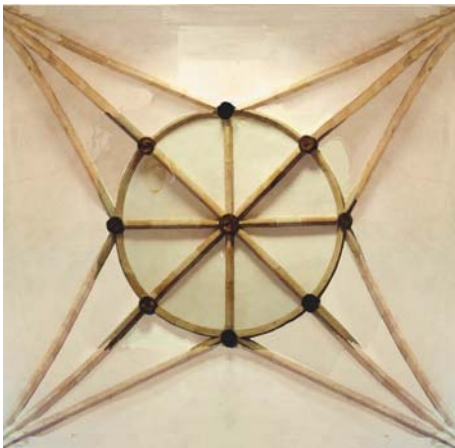


Figura 225. Cubierto del presbiterio.

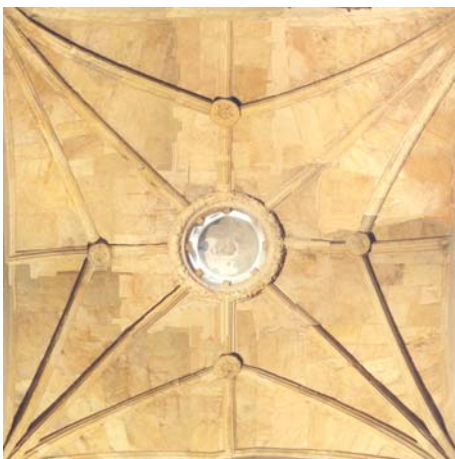


Figura 226. Cubierto de la capilla de San Juan de Letrán.

La cubierta de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz es un claro ejemplo de cómo se pueden combinar dos tradiciones en un mismo edificio, en este caso la tradición mudéjar y determinados elementos del Renacimiento, consiguiendo con ello un resultado espectacular. En la Concepción de Caravaca se obtiene una rica combinación de estilos, resaltando sobre el resto del conjunto el rico artesanado mudéjar que cubre su nave central, pero sin desmerecer las bóvedas de crucería que cubren el presbiterio y la Capilla de San Juan de Letrán.

El presbiterio se cubre con una bóveda de crucería de terceletes y ligaduras curvas de tradición gótica. En las intervenciones efectuadas a comienzo de los setenta se enlució su fondo de banco, eliminando el azul salpicado de estrellas doradas que formaban el fondo del entramado nervial. Esta forma de decorar las bóvedas era un recuerdo de la antigua tradición mesopotámica en la que pretendían simular el cielo estrellado mediante la inclusión de policromías decorando la superficie de la bóveda.²⁶⁷

La capilla de San Juan de Letrán se remata con una bóveda de crucería y linterna de iluminación en la clave. En las intervenciones efectuadas en la década de los setenta, se modificó la geometría de su cubierta, pasando de cuatro faldones a uno, con lo que la linterna de iluminación quedó en gran parte bajo el faldón de cubierta, con la consiguiente pérdida de luz en el interior de la iglesia.

267 MELGARES GUERRERO, J. ANT., MARTÍNEZ CUADRADO, M^a AMPARO, *Historia de Caravaca...*, p. 94.



En las intervenciones efectuadas este mismo año se ha intentado recuperar su configuración original, recuperando los cuatro faldones de la cubierta y permitiendo una mayor iluminación del interior del templo al quedar los faldones por debajo de la linterna.

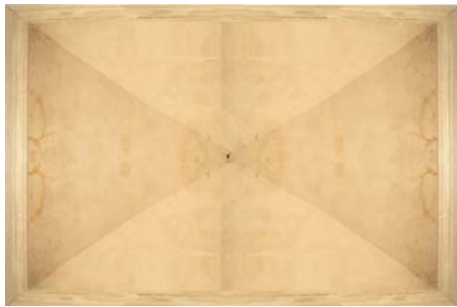


Figura 227. Cubierta de la capilla del Cristo.

La capilla del Cristo está resuelta con una bóveda simple sin nervaduras, y es por tanto la cubierta de menor interés arquitectónico. Al igual que ocurre con la bóveda del presbiterio, la capilla del Cristo está enlucida de blanco.²⁶⁸

268 MELGARES GUERRERO, J. ANT., MARTÍNEZ CUADRADO, M^a AMPARO, *Historia de Caravaca...*, p. 94.

6.2. ANÁLISIS COMPOSITIVO DEL ARTESONADO MUDÉJAR DE LA NAVE CENTRAL:

El artesonado mudéjar del siglo XVI que cubre la nave central de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz es sin lugar a dudas su elemento arquitectónico de mayor valor. Y es que son pocos los artesonados mudéjares de esta época los que han llegado hasta nuestros días en la Región de Murcia siendo el de la Concepción de Caravaca uno de los que mejor se ha conservado. Ha ello ha contribuido de manera decisiva los rastreles de madera que se apoyan en los pares de la armadura, y que han permitido una ventilación del trasdosado del artesonado, creando una cámara de aire y facilitando por tanto un perfecto secado de sus elementos tras periodos de intensas lluvias.

En el artesonado de la Concepción de Caravaca podemos distinguir dos zonas claramente diferenciadas, la zona de los faldones que se decora mediante la técnica de cinta y saetino, y la zona del almizate que emplea para su decoración los trazados de lacería, que tanto emplearon los carpinteros castellanos durante los siglos comprendidos del XV al XVIII.

En este apartado vamos a tratar de analizar compositivamente cada uno de los tramos de la nave central, explicando tanto el trazado de los faldones realizados con la técnica de cinta y saetino como el trazado de lacería de cada uno de los tramos del almizate. Además trataremos de explicar los motivos pictóricos que decoran cada una de las ruedas del almizate. Para poder hablar de cada uno de los tramos de la nave central así como para tener una idea más general de cómo está constituido el artesonado mudéjar de la Concepción de Caravaca, vamos a mostrar un dibujo de los distintos elementos que componen el artesonado.

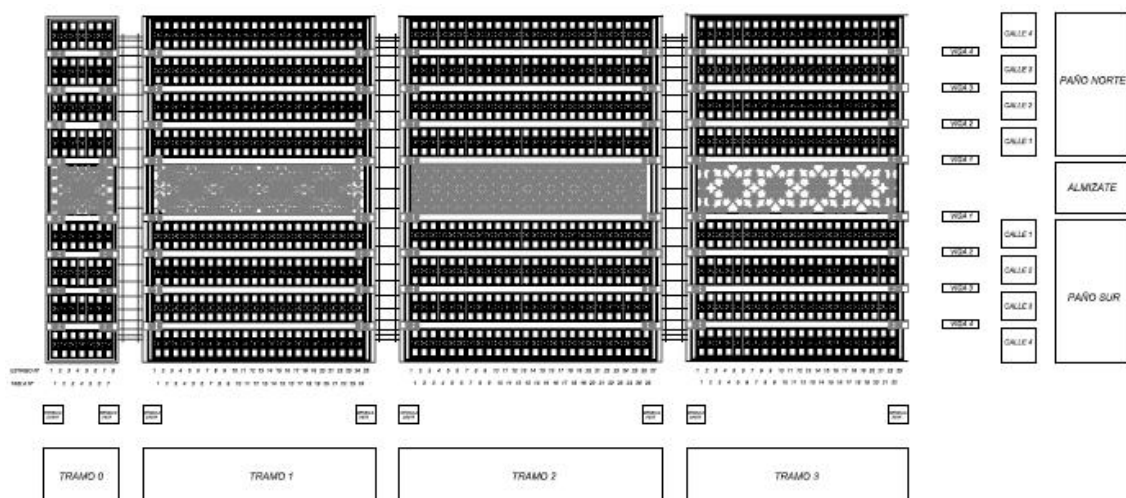


Figura 228. Planta del artesonado de la Concepción indicando cada una de las partes que lo componen.

Como hemos comentado anteriormente cada tramo del almizate está resuelto con un trazado de lacería diferente, excepto los tramos 0 y 1 que presentan la misma rueda de lazo. La característica de este artesonado es que todas las ruedas empleadas son del ocho, diferenciándose únicamente unas de otras en el desarrollo posterior de la rueda.

En lo relativo a los faldones inclinados todos presentan la misma configuración, con indiferencia del tramo del que formen parte. Tras esta breve introducción ya estamos en disposición de analizar cada uno de los tramos de la nave central de la Concepción y para seguir un orden lógico vamos a comenzar con los motivos decorativos que constituyen el almizate para acabar con los motivos decorativos de los faldones.

6.2.1. COMPOSICIÓN DEL TRAMO 0 Y 1 DEL ALMIZATE:

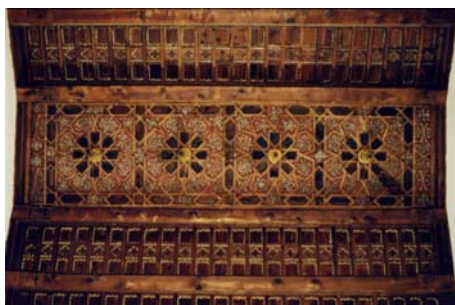


Figura 229. Tramo uno de la nave central de la Concepción.

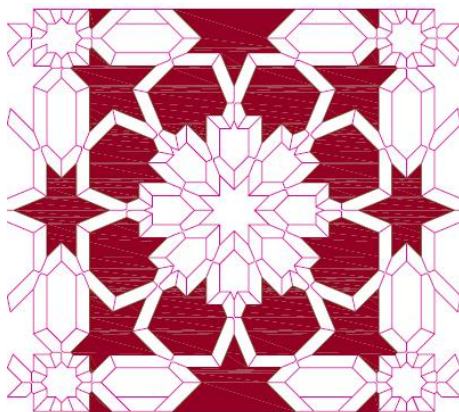


Figura 230. Módulo del tramo uno de la Concepción.

El tema decorativo tanto del tramo 0 como 1 del almizate de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz es una rueda de lazo del ocho. Mediante el desarrollo de la misma se obtienen sus respectivos azafates y candilejos. Entendemos por azafates las ocho figuras poliédricas de forma regular que constituyen el interior de los brazos de la estrella de ocho, y por candilejos las ocho figuras poliédricas de forma irregular que se forman a partir del desarrollo de los brazos de la rueda de ocho.

El trazado de estas ruedas de lazo se realiza con la única ayuda de un juego de tres cartabones, que dependen del número de brazos de la rueda. Los empleados para la configuración de este paño son los cartabones de la rueda de ocho, es decir el cartabón del ocho, el del cuatro y el ataperfiles denominado blanquillo.²⁶⁹ En el capítulo siguiente explicaré la forma de realizar estas estrellas.

Como se puede apreciar en la figura x, el tramo 1 está compuesto de cuatro módulos como el que muestro en la figura x, empleándose de tal forma los elementos estructurales de la armadura que parezcan simular cintas sin fin que discurren por todo el trazado del artesonado. Todas estas cintas

²⁶⁹ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 236.



Figura 231. Almizate del tramo uno de la Concepción.



Figura 232. Mocárabes que decoran el tramo uno de la Concepción.

se cortan según unos ángulos determinados que son los que nos proporcionan los cartabones de lazo.

Si observamos con detenimiento la figura x podemos detectar como las cintas que discurren por el trazado llevan junto a sus bordes unos rayados o acanaladuras que tienen como función acentuar la continuidad de estas piezas

En cuanto a las policromías que decoran la rueda de lazo conviene resaltar los motivos ornamentales que decoran las piezas de los azafates y candilejos. Estas piezas tienen su fondo en un color rojo oscuro en el que se insertan motivos florales de color blanco, repasando su silueta mediante la combinación de azul claro y gris consiguiendo una rica combinación de colores que lleva consigo a una mejoría del aspecto estético del paño.

También las cintas del trazado se remarcan con una línea de color blanco, en el centro de la misma, de un cierto grosor de modo que aportan mayor claridad a la visión del trazado, dando mayor prioridad al recorrido de estas cintas.²⁷⁰

Otro recurso empleado para conseguir una mayor belleza en el conjunto del artesonado es la presencia de los mocárabes situados en el centro de la estrella de ocho, existiendo un mocárabe en el tramo cero y cuatro mocárabes en el tramo uno, es decir, se dispone un mocárabe en cada módulo de la rueda de lazo, quedando perfectamente repartidos en el trazado del conjunto.

Los mocárabes presentan seis cuerpos de una tonalidad verde oscura, excepto el último decorado a base de pan de oro fino, de modo que cada uno de ellos queda rehundido y girado un cierto ángulo respecto del anterior. Todos los cuerpos tienen una forma octogonal excepto el último que tiene forma de un destornillador de punta. Todos los mocárabes presentan en sus vértices un comido con forma triangular decorado con pan de oro fino, con lo que se consigue que estos elementos resalten en el conjunto del paño.

270 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 230.

6.2.2. COMPOSICIÓN DEL TRAMO 2 DEL ALMIZATE:

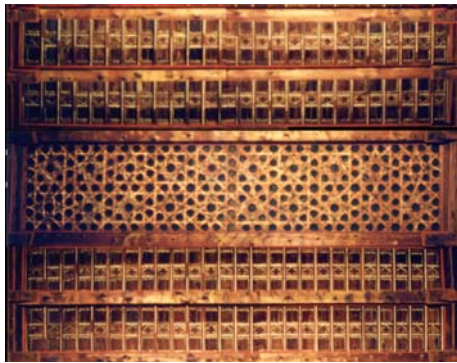


Figura 233.

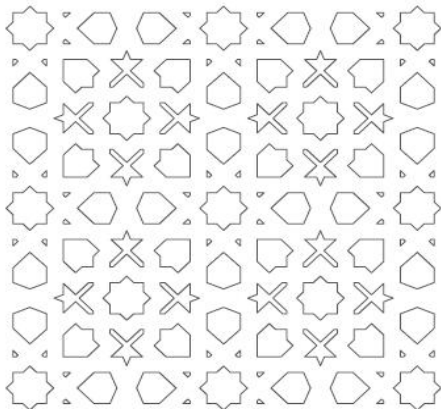


Figura 234.

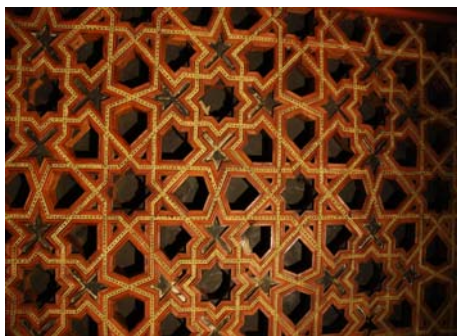


Figura 235.

Este tramo del almizate es el de mayor longitud de todos y es el que predomina en el conjunto del almizate de la nave central. Al igual que ocurre en el tramo cero y uno, en el tramo dos el motivo decorativo empleado es una rueda de lazo de ocho puntas, empleando el mismo juego de tres cartabones que el que hemos comentado para el caso anterior, es decir, el cartabón del ocho, el del cuatro y el blanquillo.

Todos los cortes de las piezas se realizan según los ángulos de los cartabones de lazo necesarios para desarrollar la rueda del ocho, igual que hemos comentado en el tramo uno. Pero a diferencia del anterior, el desarrollo de la rueda es diferente y en este caso se puede observar como conforme desarrollamos la estrella de ocho puntas nos van apareciendo nuevas estrellas que en este caso además de los azafates y candilejos que surgían en la rueda del tramo anterior, nos aparecen las almendrillas y las aspillas. Las almendrillas son las figuras de pequeñas dimensiones que quedan comprendidas entre la estrella de ocho y los brazos de ésta, mientras que las aspillas son las cintas que “cierran” superiormente los azafates, y que en este caso, a diferencia de lo que ocurre en el tramo 1, provoca que los azafates tengan seis lados en vez de los cinco que tenían en la rueda de ocho del tramo primero.²⁷¹

Este tipo de desarrollo de rueda es más frecuente que la rueda del tramo anterior en el amplio abanico de posibilidades que nos ofrece nuestra carpintería de lazo. La figura x constituye un módulo del tramo 2, estando el conjunto de este paño del almizate formado por cinco módulos como el anterior.

²⁷¹ NUERE MATAUCO, E., *Nuevo tratado de la carpintería...*, p. 62.



Figura 236. Candilejos del tramo dos del almizate de la Concepción antes de aplicarles las nuevas policromías

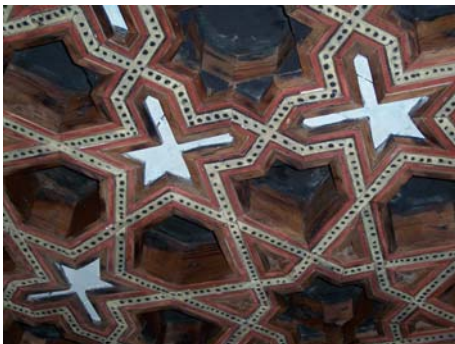


Figura 237. Candilejos del tramo dos del almizate de la Concepción tras tratarlos con las nuevas policromías

Se puede observar como se vuelve a usar las cintas de tal manera que el trazado discurre de forma continua por todo el paño del almizate dando la sensación de estar contemplando una noche estrellada de verano. Al igual que en el caso anterior las cintas están rebajadas cerca de sus extremos mediante acanaladuras, que refuerzan su trazado, consiguiendo que el conjunto de cintas que forman parte del almizate parezcan una sola pieza.

Respecto a las policromías empleadas en la decoración de este tramo del almizate destacan los tonos azul oscuro empleados en los azafates de la rueda. El mismo tono se empleaba para las tablas que formaban partes de los candilejos, pero en la última intervención realizada se aprobó recuperar la tonalidad blanca original de estos elementos. Con esta medida se alcanza una mayor belleza estética en el conjunto del almizate de este tramo, resaltando por encima del resto de elementos los candilejos.

En relación a las cintas, podemos observar como para darle una mayor importancia y claridad al recorrido de las cintas se decoran con un carril central blanco sobre el que se proyectan puntos negros muy próximos entre sí. Además a ambos lados del carril blanco se sitúa un carril de color rojo que no hace otra cosa que reforzar la claridad e importancia del trazado de las cintas.²⁷²

272 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 230.

6.2.3. COMPOSICIÓN DEL TRAMO 3 DEL ALMIZATE:



Figura 238. Tramo tres de la nave central de la Concepción.

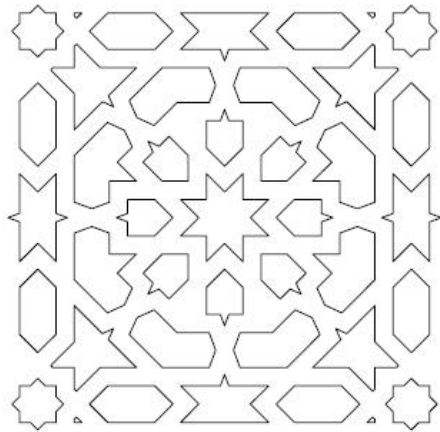


Figura 239. Módulo del tramo tres de la Concepción



Figura 240. Almizate del tramo tres de la Concepción.

Este tramo es el que corresponde al último de la nave central antes de su encuentro con la bóveda de crucería del presbiterio. Como podemos observar se trata de una rueda de ocho muy similar a la del tramo uno, diferenciándose únicamente en la forma geométrica de sus azafates y candilejos que en este caso presentan una forma más alargada que los que podemos observar en el tramo uno.

Esto se debe a que el módulo de esta rueda es ligeramente menor a la del tramo uno, encontrándose los elementos estructurales que lo forman un poco más próximos entre sí que en el caso primero, y dando lugar a que los candilejos presenten una forma más achatada.

La figura x corresponde a uno de los cuatro módulos que forman el almizate de este tramo. Los cartabones empleados para su trazado han sido los correspondientes a la rueda de ocho, es decir el del ocho, el cuatro y el blanquillo, obteniendo todos los cortes de las piezas y de las cintas a partir del juego de estos tres cartabones.²⁷³

El otro aspecto significativo que diferencia a este tramo del primero es la policromía empleada en su decoración, como puede observarse en la figura x. En este caso se emplean también motivos florales, pero recurriendo para ello a colores más oscuros como son el marrón y el negro, siendo el fondo de los candilejos de un color rojo más suave

Las cintas que forman el trazado de este paño presentan un carril central de color marrón de mayor espesor que los dos negros que lo rodean a ambos lados, estando más acorde estos colores con las policromías del conjunto de este tramo.

²⁷³ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 236.



Figura 241. Mocárabes que decoran el tramo tres de la Concepción.



Figura 242. Mocárabes que decoran el tramo tres de la Concepción.

Al igual que en el tramo primero, cada módulo presenta en su centro un mocárabe, repartiéndose en el conjunto de este almizate un total de cuatro mocárabes. En este caso los mocárabes presentan cinco cuerpos, cada uno de ellos rehundido y girado respecto del que le precede. En cuanto a la configuración geométrica de los cuerpos podemos indicar que cuatro de ellos presentan una forma octogonal y el último acaba en punta.

Solamente el primer cuerpo presenta sus caras rectas, ya que el resto de cuerpos presentan sus caras con formas troncocónicas hasta llegar al último cuerpo que como hemos comentado termina en punta. Respecto a la policromía de los mocárabes cabe señalar que únicamente el primer cuerpo presenta una tonalidad verde oscuro en su conjunto, mezclándose en el resto de cuerpos el pan de oro fino con el verde.

6.2.4. COMPOSICIÓN DE LOS FALDONES LATERALES



Figura 243. Faldones laterales de la Concepción.

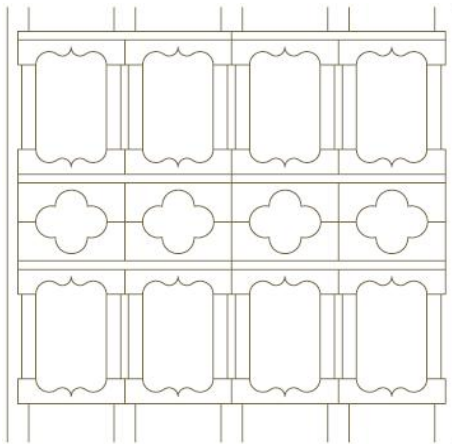


Figura 244.



Figura 245.

Los faldones laterales de la cubierta de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz se realizaron empleando el sistema de cinta y saetino. Esta forma de resolver el entrevigado, en este caso el espacio comprendido entre los pares de la armadura, consiste en disponer tablas de poco espesor sobre dichos pares.

La riqueza de esta solución consiste en que las tablas van recortadas en sus bordes entre pares, simulando algún motivo decorativo, generalmente alguna figura geométrica, colocando la siguiente tabla a tope y por simetría. Dichas tablas es lo que se conoce como cintas.²⁷⁴

Ahora bien en algunos casos, como ocurre en la Concepción de Caravaca, las tablas se separan una cierta distancia, con lo que se requiere de otras tablillas más delgadas que cubran el espacio entre ellas, y estas piezas reciben el nombre de saetinos. Generalmente tanto las cintas como los saetinos tienen sus bordes biselados de forma que sus uniones suelen realizarse a inglete.

En el caso de la Concepción de Caravaca esta solución aún es más bonita ya que se intercambian filas en las que se disponen las cintas a tope dejando entre ellas una figura estrellada, y otras en las que las cintas se separan empleando los saetinos.

Entre las filas que solo emplean cintas y las que emplean cintas y saetinos, se introduce otro elemento decorativo: los bordones. En el caso de la Concepción de Caravaca estas piezas presentan una superficie cilíndrica en su cara vista. Lo comentado hasta ahora se puede apreciar con mayor claridad en la figura x.

274 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, pp. 62-64.

Respecto a las policromías empleadas en los faldones laterales podemos destacar la decoración empleada en las cintas y saetinos. En ellos se pintan sus caras biseladas de color blanco acompañados de pequeños puntos negros muy próximos entre sí, de forma muy similar a la decoración de las cintas del tramo dos del almizate.

La misma decoración se emplea en los bordones, que presenta una curiosidad ya que unos tienen su fondo de color blanco como las cintas y los saetino y otros tienen su fondo marrón. Esta curiosidad llevó a analizar cada uno de los bordones que componen los faldones del artesonado de la Concepción con objeto de determinar si su colocación obedecía a algún juego geométrico o se debía solo a la arbitrariedad del carpintero a la hora de su puesta en obra. Tras realizarse este estudio pudimos comprobar como la disposición de los bordones no se debe a ningún juego geométrico.

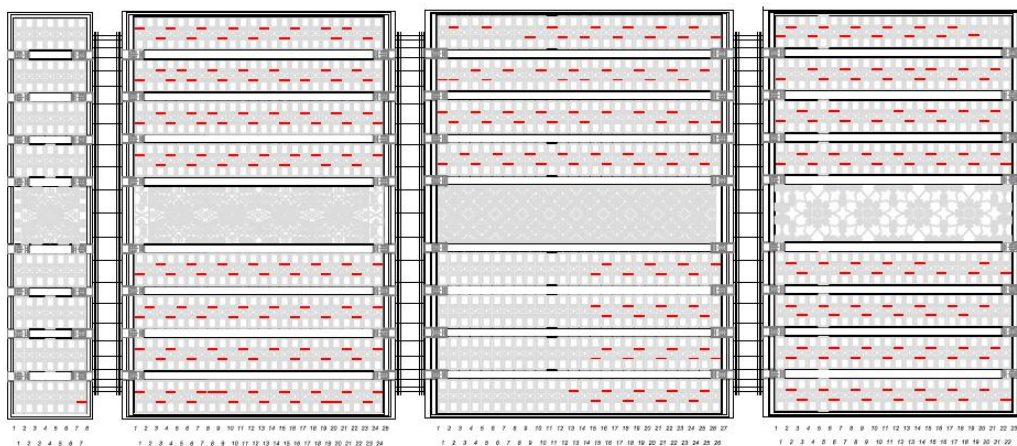


Figura 246. Distribución de los bordones que constituyen el artesonado de la Concepción.

7. ANÁLISIS CONSTRUCTIVO DEL ARTESONADO MUDÉJAR DE LA IGLESIA PARROQUIAL DE LA CONCEPCIÓN DE CARAVACA DE LA CRUZ.

La Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz tiene un enorme valor patrimonial fundamentalmente por la riqueza de la techumbre que cubre su nave central. Desgraciadamente no son muchas las cubiertas en la Región de Murcia que han llegado a nuestros días resueltas con carpintería de lazo, técnica que tanta profusión tuvo en la España comprendida entre los siglos XV y XVIII, tanto en edificios religiosos como en aquellos de gran valor monumental.



Figura 247. Artesonado mudéjar que cubre la nave central de la Concepción.

Es por ello que podemos sentirnos afortunados de contar entre nuestro patrimonio con este hermoso artesonado de madera que ha sobrevivido al paso del tiempo en unas magníficas condiciones teniendo en cuenta el largo tiempo transcurrido desde su creación.

En este capítulo vamos a tratar de explicar el sistema constructivo empleado para resolver la cubierta de la nave central de la iglesia parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz. Para abordar este tema vamos a explicar, en primer lugar, el método empleado para construir el esqueleto estructural de la cubierta, para después explicar como se construye todos los elementos decorativos que constituyen su artesonado.

7.1. CONSTRUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE CONSTITUYEN LA CUBIERTA DE LA IGLESIA PARROQUIAL DE LA CONCEPCIÓN DE CARAVACA DE LA CRUZ

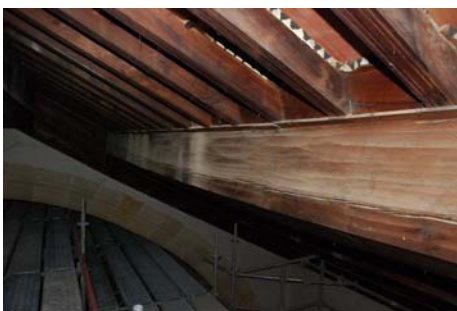


Figura 248. Detalle del apoyo de los pares de cubierta sobre las correas de la Iglesia Parroquial de la Concepción.

La cubierta de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz no constituye una auténtica armadura de cubierta, sino que podemos clasificarla más bien como un forjado inclinado, es decir, una variante de los forjados de planta en la que simplemente se inclina el plano de colocación de sus elementos con la pendiente necesaria para la evacuación de las aguas.²⁷⁵

No podemos confundir, como consta en muchos documentos, este tipo de cubiertas con las armaduras de par y nudillo, ya que en éstas la estructura sustentante de la cubierta la forman los pares y nudillos como hemos explicado en el

²⁷⁵ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 87.

capítulo 3, mientras que en la Concepción de Caravaca la estructura sustentante de la cubierta la constituyen los arcos formeros realizados con fábrica de ladrillo.

La estructura empleada para cubrir la nave central de la Concepción consiste en el apoyo de vigas de una gran sección sobre los arcos formeros que delimitan los tramos de la nave central. Así pues podemos distinguir cuatro tramos de vigas, una por cada uno de los tramos que delimitan la nave central, siendo la de mayor longitud la del tramo dos y la de menor longitud la del tramo cero, que se corresponde con el coro.



Figura 249. Apoyo de las correas sobre las ménsulas para evitar la pudrición de las cabezas.

Cuando se emplea este sistema de resolución de cubiertas, a las vigas se le denominan correas. De este modo, se distribuyen cinco correas en cada uno de los dos faldones de la nave central, sin contar la que constituye la cumbrera. Así pues en cada tramo se reparten once correas.



Figura 250. Detalle del frente de una de las ménsulas de la Concepción.

Una precaución muy aconsejable a la hora de realizar estas cubiertas es la de no apoyar las correas directamente sobre los arcos de fábrica de ladrillo, ya que ello supone una fácil pudrición de las cabezas de las correas, con el consiguiente riesgo estructural que ello provoca.



Figura 251. Detalle de las molduras de una de las ménsulas de la Concepción

La Concepción de Caravaca es un claro ejemplo del buen hacer de los carpinteros castellanos, ya que para evitar esta situación se disponen ménsulas en cada uno de los apoyos de las correas con los arcos. En muchos caso las ménsulas también servían para reducir los esfuerzos de flexión de la viga, pero en el caso concreto de la iglesia parroquial de la Concepción, el empleo de las ménsulas tiene únicamente la función de evitar la pudrición de las cabezas de las vigas, además de constituir un elemento de gran valor artístico en el conjunto del artesonado.

Una vez realizado el esqueleto estructural de la cubierta solo quedaría cuajar el espacio entre ellas para cerrar la cubierta. Para ello, generalmente, se empleaban tablas

de poco espesor que se colocaban a tope prácticamente a continuación de su apeo. Esta solución sería óptima si la separación entre correas fuera menor ya que las características que presenta la madera en su secado con continuas contracciones y dilataciones lleva consigo la aparición de fisuras, que se hacen más notables en secciones de menor espesor.

Ello provoca la necesidad de disponer de otro orden de vigas más próximas entre si con el objetivo de minimizar estos problemas, que pueden llegar a destruir el artesonado al dejar pasar el agua a través de sus grietas. Estas vigas se denominan pares y era práctica habitual entre los carpinteros españoles disponerlas con una separación entre ellas de dos veces el grueso del par. A los forjados resueltos de esta forma se le denomina “a calle y cuerda”.



Figura 252. Apoyo de los pares sobre las correas de la Concepción. En este caso podemos ver una de las dos correas restauradas.



Figura 253. Aliceres dispuestos entre los pares de cubierta.

Esta solución que acabamos de comentar es la que se emplea en la Concepción de Caravaca, en la que los pares se colocan apoyando sobre las correas y discurren desde el apoyo de los muros hasta la cumbrera, clavándose a ésta en su encuentro. Inferiormente tienen un corte horizontal para proporcionar un apoyo mejor en el muro, pero a diferencia de lo que ocurre en las armaduras de par y nudillo, esta solución no requiere de un estribado, dado que los empujes horizontales que le proporcionan estos pares a los muros son prácticamente nulos. Esto es así porque los pares simplemente apoyan sobre las correas siendo éstas las responsables de soportar los esfuerzos de flexión de la cubierta., trabajando los pares únicamente a tracción y compresión.²⁷⁶

Como se puede observar en la figura 253, al disponer los pares sobre las correas queda un hueco entre pares que hay que cerrar para mejorar el conjunto estético de la cubierta. Esto se resuelve colocando tablillas delgadas con una ligera inclinación hacia afuera, denominadas aliceres.

Una vez comentado los elementos estructurales de la cubierta, ya estamos en disposición de explicar la forma de cuajar la cubierta, para lo cual se pueden adoptar diversas soluciones como veremos a continuación.

276 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, pp. 87-90.

7.2. CONSTRUCCIÓN DE LOS FALDONES LATERALES DE LA CUBIERTA DE LA IGLESIA PARROQUIAL DE LA CONCEPCIÓN DE CARAVACA DE LA CRUZ.

En este apartado vamos a tratar de explicar el sistema constructivo empleado para resolver los faldones laterales de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz.



Figura 254. Decoración de los faldones laterales de la Concepción de Caravaca de la Cruz.

Para ello comenzaremos explicando la construcción de los elementos decorativos que sirven para cuajar la superficie dejada por los elementos estructurales de la cubierta que hemos comentado en el apartado anterior.

Así veremos como se realizan los forjados de cinta y saetino, sin lugar a duda una de las soluciones más bonitas que nos ofrece nuestra carpintería de armar a la hora de resolver los forjados de madera. Finalmente

comentaremos la construcción de la sobrecubierta existente sobre el trasdós del artesonado que ha sido la principal responsable de que el artesonado de la Concepción de Caravaca haya llegado hasta nuestros días.

7.2.1. CONSTRUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS DECORATIVOS EMPLEADOS PARA CUAJAR LOS FALDONES LATERALES.



Figura 255. Trasdoso de los faldones laterales de la Concepción de Caravaca.

Para resolver el espacio que queda entre los pares de los faldones laterales de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz, se emplea la solución de cinta y saetino. Esta solución consiste en disponer sobre los pares tablas de una determinada anchura y de poco espesor denominadas cintas. La longitud de las cintas varía dependiendo de la separación adoptada entre pares, siendo en el caso de la Concepción de Caravaca la necesaria para cubrir la luz entre dos ejes de pares dejando uno en medio.

Estas cintas pueden ir colocadas a tope o separadas una cierta distancia entre sí, quedando entre ellas un espacio que se completa con tablillas delgadas denominadas saetinos. De ahí que a los forjados resueltos de este modo se le denominen de “cinta y saetino”.²⁷⁷

²⁷⁷ NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 62.

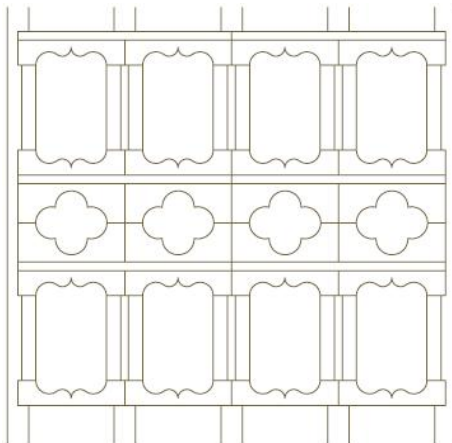


Figura 256. Detalle del dibujo empleado para la decoración de las calles de los faldones laterales de la Concepción. En él se observa como se intercalan los dibujos de las cintas.

El caso de la cubierta de la Concepción de Caravaca es uno de los ejemplos más sofisticados que podemos encontrar ya que en él se combinan filas alternadas de cintas colocadas a tope con otras en las que se emplean las cintas y saetinos.

Así pues, en unas filas se colocan cintas recortadas por sus bordes entre par y par, simulando algún tipo de figura geométrica y repetido por simetría en la tabla siguiente no dejando separación entre ellas. Mientras, las otras filas se conforman colocando cintas con algún motivo decorativo, pero esta vez separada una cierta distancia entre sí y

completada con los saetinos. En la Concepción de Caravaca se ha empleado, en las filas que se decoran con cinta y saetino, una separación entre cintas un poco mayor que el doble del grueso del par.²⁷⁸

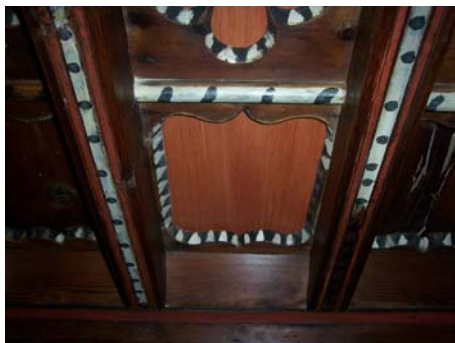


Figura 257. Detalle de una de las calles de los faldones laterales de la Concepción.

Entre cada dos correas consecutivas se sitúan tres filas de cintas, una en las que las cintas van a tope y dos en las que las cintas van separadas y por tanto requieren saetinos. Entre cada fila de cintas se disponen los bordones, cuya cara vista presenta una superficie cilíndrica, y que se apoyan en un hueco practicado en los pares.



Figura 258. Detalle de varias calles de los faldones laterales de la Concepción. En ella se observan algunas patologías en las chillas.

Todos los tramos de los dos faldones de la cubierta de la Iglesia Parroquial de la Concepción se resuelven empleando esta técnica, pero he aquí uno de los aspectos interesantes de la cubierta de esta iglesia, y es que generalmente cuando se emplea esta solución, las cubiertas se resuelven interiormente en dos tramos, pero no es el caso de la Concepción de Caravaca que introduce una variante cuya finalidad es mejorar la belleza artística del conjunto del artesonado.

278 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 64.



Figura 259. Quiebro de los faldones laterales en su encuentro con el almizate de la Concepción de Caravaca de la Cruz. Esta imagen corresponde al tramo uno del almizate.

Esta variante consiste en unir mediante pares horizontales las penúltimas correas de cada faldón antes de su encuentro en la cumbrera, creando un pequeño paño horizontal que hace las veces de almizate de las armaduras de par y nudillo. De esta forma se evita el rincón oscuro que se produciría en el encuentro agudo de los dos faldones. Aunque constructivamente no se trate de un almizate, nosotros vamos a analizarlo como tal ya que desde el punto de vista estético, que es para lo que fue creado, ejerce la misma función. Este almizate, a diferencia de los faldones, se resuelve de otro modo como veremos a continuación.



Figura 260. Chillas empleadas para cuajar superiormente el espacio dejado entre las cintas y los saetinos. En ella podemos observar como en el tramo correspondiente a los faldones, las chillas se colocan según la pendiente del faldón, mientras que a partir del punto en el que se produce el quiebro del almizate, éstas se disponen transversalmente, mejorando su arriostramiento.

Únicamente falta comentar como se cubren superiormente los huecos dejados entre cintas y entre éstas y los saetinos. Para ello simplemente se disponen tablas de pequeño espesor, con la anchura necesaria para cubrir el espacio entre los ejes de dos pares consecutivos. En la carpintería española estas tablas reciben el nombre de chillas.²⁷⁹

Las tablas se disponen siguiendo el sentido de la pendiente y en el caso de que el artesonado no dispusiera de almizate llegarían desde el alero a la cumbrera, pero en el caso de la Concepción, al disponer de almizate, las tablas se disponen en el sentido de la pendiente hasta alcanzar la altura donde comienza el almizate, que se encuentra aproximadamente a los dos tercios de la altura de la cubierta. Una vez allí, las chillas se colocan en sentido transversal ya que el arriostramiento es mejor, pudiéndose realizar esto porque esta zona queda tapada por el almizate.

279 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 298.

7.2.2. CONSTRUCCIÓN DE LA SOBRECUBIERTA DE LOS FALDONES LATERALES.

En los casos de valiosos artesonados, como el de la Concepción de Caravaca, es muy frecuente encontrar una sobrecubierta para proteger al artesonado. Adoptando esta medida se consigue una mejor ventilación de la armadura del artesonado, con lo que su madera se conservará en buenas condiciones ante la existencia de goteras.



Figura 261. Cámara de aire creada entre las chillas y las tejas, favoreciendo la ventilación del artesonado de la Concepción.



Figura 262. Detalle de la disposición de los rastreles.



Figura 263. Detalle de la cámara de aire del artesonado de la Concepción. En ella se observa el apoyo de los paneles hidrófugos sobre los rastreles.

De este modo, y aún en el hipotético caso que existiese un defecto del tejado que permitiese la entrada de agua, la madera principal del artesonado queda ventilada, por lo que incluso en caso de lluvia con un defectuoso tejado, y consecuente remojón, su secado será rápido una vez cese la lluvia. Si que es verdad que la madera de la sobrecubierta si se verá afectada por la humedad, y por tanto estará expuesta a los ataques de los xilófagos, pero esto es un mal menor, ya que estas sobrecubiertas se tratan de estructuras muy simples que no requieren carpinteros especializados para su reparación.²⁸⁰

La importancia de esta simple estructura de sobrecubierta es tal, que podemos afirmar con certeza que si no llega a ser por ella no hubiese sido posible que el artesonado de la nave central de la Concepción de Caravaca hubiese llegado hasta nuestros días. No son pocos los artesonados españoles que se han perdido por culpa de no disponer de esta sobrecubierta, haciéndoles vulnerables al ataque de los xilófagos durante siglos hasta llegar a su total destrucción.

La sobrecubierta de la Concepción de Caravaca es muy simple y consiste en la disposición de rastreles de madera sobre los pares de los faldones. Los rastreles se disponen cada tres o cuatro pares de modo que dejan entre ellos dos o tres chillas. Anteriormente a la última intervención,

280 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 134.



Figura 264. Operarios retirando los tableros clavados a los rastreles que conformaban la cámara de aire del artesonado de la Concepción.



Figura 265. Un operario replanteando la alineación de los rastreles.



Figura 266. Operarios colocando el onduline de la cubierta. Podemos observar los solapes entre los distintos paneles, de aproximadamente unos 10 cm.

sobre estos rastreles se disponían perpendicularmente tablas delgadas que se clavaban a su paso por los rastreles, montando una encima de otra desde la cumbrera a los aleros, con el objetivo de facilitar el posterior retejo de la cubierta. Así pues sobre estas tablas se montaban directamente las tejas.²⁸¹

Con el objetivo de impermeabilizar en mayor medida el artesonado de la Concepción, en la última intervención realizada en la cubierta de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca se ha modificado la construcción de la sobrecubierta. De este modo se han sustituido los rastreles que se encontraban deteriorados por otros nuevos, cuidando que todas las caras superiores de los rastreles estuviesen contenidas en un mismo plano horizontal.

Dada la precaria situación en que se encontraban los tableros que montaban sobre los rastreles desde la cumbrera a los aleros, se han sustituido estos por otros tableros hidrófugos. Y sobre estos tableros se ha dispuesto unos rollos de onduline que impermeabilizan con mayor eficacia si cabe al artesonado mudéjar.

Finalmente sobre el onduline se dispone las tejas tomadas con mortero de cemento. Para ello se han aprovechado todas las tejas que se conservaban en buenas condiciones, empleándose las nuevas para formar los ríos, mientras que las originales se han utilizado para formar las cobijas. De este modo la cubierta

de la Concepción presenta la misma apariencia que tuvo en su origen.

Para comprender mejor la construcción de los faldones laterales de la iglesia parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz, vamos a mostrar unos dibujos en los que se muestran las sucesivas capas que constituyen el artesonado y sobrecubierta de la Concepción de Caravaca de la Cruz.

281 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 132.

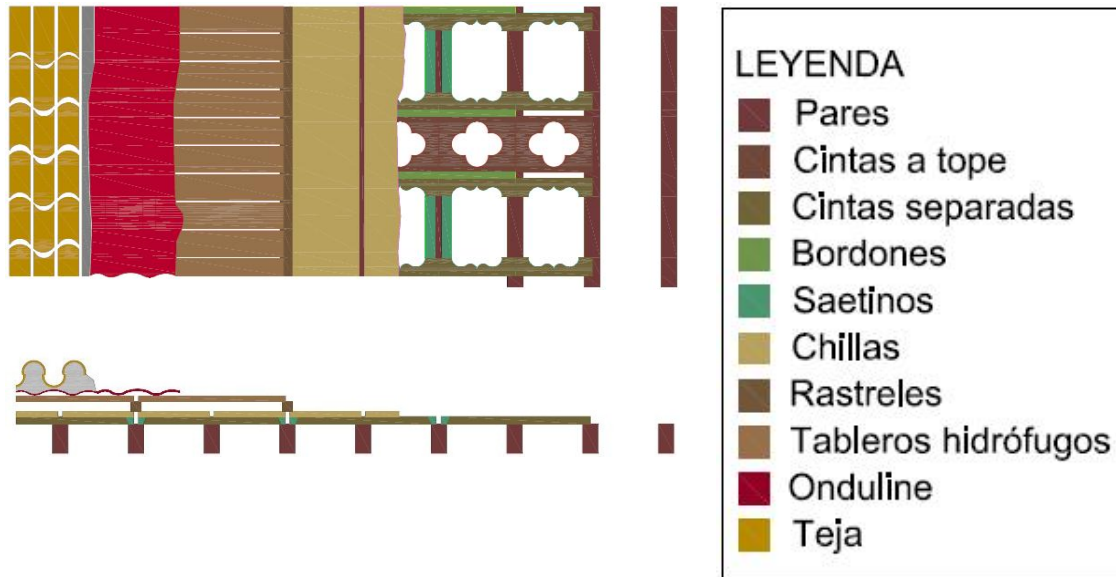


Figura 267. Decapado del artesonado y de la cubierta de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz, indicando cada uno de los elementos que la constituyen. Inferiormente se muestra una sección de la misma para una mejor comprensión de su construcción.



Figura 268. Restauración del artesonado y la cubierta de la Concepción de Caravaca. Se observan las distintas fases de ejecución de los trabajos.



Figura 269. Realización de los aleros de la Concepción. En ella se puede apreciar el empleo de plomo para impermeabilizar más estos puntos tan conflictivos. El plomo solapará un mínimo de 10 cm., y se resolverá con forma de goterón.



Figura 270. Cubiertas de la Concepción



Figura 271. Intradós de los faldones laterales de la Concepción.

7.3. CONSTRUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS DECORATIVOS QUE SIRVEN PARA REALIZAR EL ALMIZATE DE LA NAVE CENTRAL.



Figura 272. Tramo dos del almizate tras ser restaurado.



Figura 273. Tramo uno del almizate, en el que se observan los mocárabes que decoran dicho tramo.

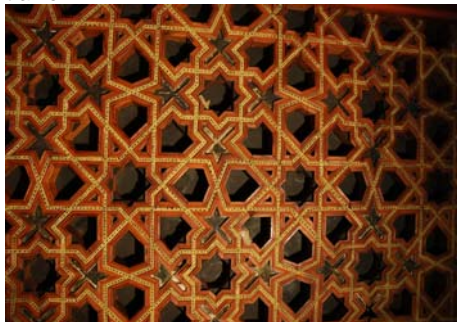


Figura 274. Tramo dos del almizate antes de ser restaurado.

Aunque no se trate de un almizate propiamente dicho, ya que el tramo horizontal formado por pares y peinazos carece de cualquier función estructural, nosotros vamos a considerarlo como tal, puesto que tanto sus elementos estructurales, que sirven para poder trazar las ruedas de lazo que decoran esta zona, como los elementos decorativos necesarios para realizar esta técnica, se realizan del mismo modo que en los almizates de las armaduras de par y nudillo

Como hemos comentado anteriormente, para poder crear este paño horizontal basta con disponer, entre las penúltimas correas de cada faldón antes de su encuentro con la cumbrera, pares de la misma sección que los empleados para la construcción de los faldones. Estos pares no se colocan “a calle y cuerda” como se hacía en los faldones laterales sino que se disponen siguiendo una determinada modulación como veremos más adelante. Estos módulos dependían de la longitud que tuviese cada almizate, y por tanto en nuestro caso difieren un poco en cada uno de los tramos del almizate de la nave central., dada las diferentes longitudes que éste presenta.

Una característica única de la carpintería de armar española y que hemos comentado en el capítulo 4 es la prefabricación de los módulos que servían para poder realizar los almizates, y sin lo cual no hubiese sido posible incorporar en estas zonas las complejas tramas de lacería como la que presenta la Concepción de Caravaca. De este modo, cada uno de los módulos que formaba parte de un tramo del almizate se montaba en taller y después simplemente había que colocarlo ajustándolo entre las penúltimas correas de los faldones.

Para realizar el trazado de lazo del almizate de la Concepción, se han empleado tres tipos de elementos, distinguiéndose en primer lugar los pares que apoyan en las penúltimas correas de los faldones. En segundo lugar podemos señalar los peinazos, entendiendo por tal, los maderos cortos



Figura 275. Detalle de las distintas piezas que constituyen el artesonado.

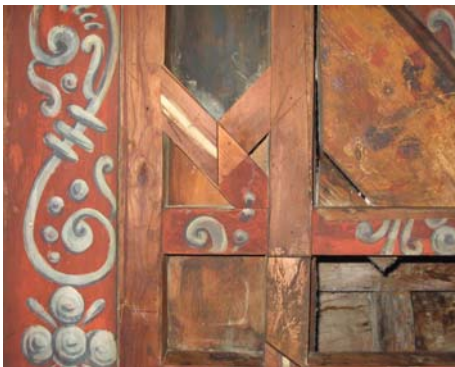


Figura 276. Algunas de las patologías del tramo uno del almizate.



Figura 277. Detalle del tramo uno del almizate.

de igual sección que los pares, que se traban perpendicularmente a ellos. Y por último distinguimos las piezas de relleno, imprescindibles para poder completar el trazado.

Estas piezas de relleno pueden ser de varios tipos: de modo que en unos casos tendrán la misma sección que los pares y nudillos que sirven para formar el esqueleto principal del almizate, otras serán delgadas tablas que sirvan tan solo para dar apariencia de continuidad en el trazado, y otras se utilizarán también delgadas tablas pero simulando ser piezas macizas, cuando en realidad su interior está hueco. En el caso de la Concepción se emplearon piezas macizas de igual sección que los pares y peinazos.²⁸²

La Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz cuenta con cuatro tramos de almizate separados por los arcos formeros que sirven para el apoyo de todo el esqueleto estructural de la cubierta. El tramo dos del almizate de la nave central de la Concepción es el de mayor longitud. Todos los tramos del almizate emplean en su decoración las ruedas de lazo de ocho, siendo el desarrollo de éstas distintas en cada uno de ellos, excepto los tramos cero y uno que presentan la misma rueda de lazo. Los tramos uno y tres presentan una rueda de lazo muy similar, siendo la del tramo dos la más vistosa y a la vez más compleja.

Para entender mejor cada tramo del almizate de la Concepción vamos a estudiar cada uno por separado, explicando como se forman las distintas ruedas de lazo, y como se deben disponer los elementos que sirven para construir el almizate. Además veremos como se deben dar los cortes a cada una de las piezas de la rueda de lazo mediante el uso de los respectivos cartabones de lazo. Además para facilitar una mayor comprensión iremos mostrando fotografías y dibujos aclaratorios.

282 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, pp. 206-207.

7.3.1. CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO 0 Y 1 DEL ALMIZATE DE LA NAVE CENTRAL:



Figura 278. Tramo uno del almizate.

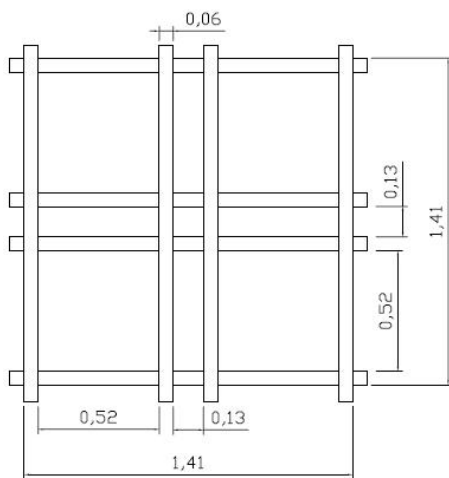


Figura 279. Módulo del tramo cero y uno del almizate.

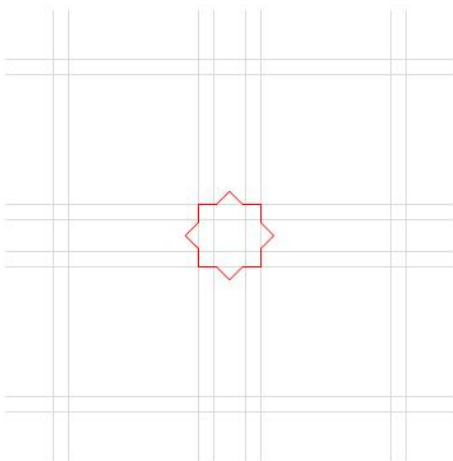


Figura 280. Origen de la rueda de ocho del tramo cero y uno del almizate.

En el tramo uno de la Concepción se optó por dividir la longitud del almizate en cuatro módulos como el que muestro en el dibujo de la figura 279, mientras que el tramo cero, de mucha menor longitud, ya que solo abarca el tramo del coro, solo precisa de un módulo.

La separación entre pares y peinazos, así como la de las piezas de relleno necesarias para el desarrollo de la rueda de ocho, es la misma en los cuatro módulos que configuran el almizate del tramo uno y en el del tramo cero y es la denominada “a calle y cuerda”, es decir igual al doble del grueso del par”.

Los cuatro módulos que constituyen este tramo de almizate se resuelven del mismo modo. Un punto conflictivo es la resolución de las calles que forman los pares “exteriores” al unir dos módulos entre sí, o la que se forma entre los peinazos “exteriores” y las penúltimas correas del faldón. La forma de resolver estos problemas se comprenderá mejor cuando expliquemos gráficamente la forma de desarrollar la rueda de ocho de este tramo del almizate.

En primer lugar vamos a explicar la forma de construir el esqueleto estructural del almizate del tramo uno de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz. Partiendo del módulo de la figura 279, se realiza una estrella de ocho puntas, cuyo origen es el punto central del cuadrado definido por los pares y peinazos interiores. Para ello nos apoyamos en un cuadrado cuyos lados quedan definidos por la intersección de pares y peinazos, como se muestra en la figura 280. Girando dicho cuadrado cuarenta y cinco grado obtenemos una estrella de ocho puntas que servirá de punto de partida para el desarrollo de la rueda de ocho. Los ángulos de las puntas de esta estrella son de 90° . Alargando cada uno de los lados que sirvieron para construir la estrella anterior, obtenemos otra estrella de ocho puntas, que en este caso presenta puntas de 45° (Figura 281).

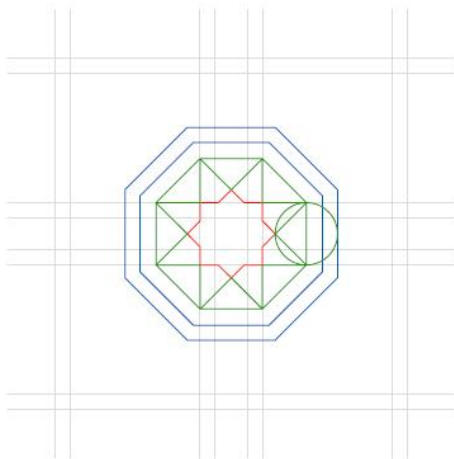


Figura 281. Construcción de los elementos estructurales que delimitan los azafates de la rueda de este tramo.

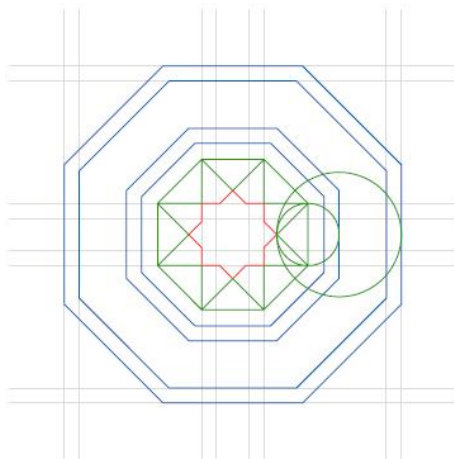


Figura 282. Construcción de los elementos estructurales que delimitan la rueda de este tramo.

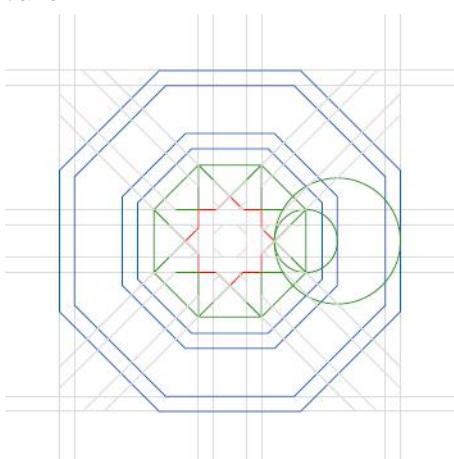


Figura 283. Prolongación de los brazos de la estrella de ocho inicial, necesaria para la construcción de la rueda de lazo de ocho de este tramo.

A continuación realizamos un octógono inscrito a esta estrella de modo que sus lados coincidan con los vértices exteriores de la estrella de puntas de 45° . Unimos el centro de la estrella de ocho puntas con uno de los vértices de la estrella de puntas de 90° , y donde esta línea corte al octógono inscrito en la estrella de puntas de 45° , trazamos con un compás una circunferencia que pase por el vértice de la estrella de puntas de 90° . La intersección de esta circunferencia con la línea que unía el centro de la estrella con el vértice de la estrella de 90° , nos da el radio de la circunferencia que sirve para delimitar la forma del azafate. Para ello simplemente debemos realizar un octógono inscrito a ella. Como la madera no se trata de un elemento lineal, sino que tiene un cierto espesor, trazamos otro octógono interior a la distancia necesaria para que todos los elementos tengan el mismo espesor (figura 281).

Para poder seguir desarrollando la rueda de lazo, desde la intersección de la línea que une el centro de la estrella con el polígono exterior obtenido anteriormente, trazamos otra circunferencia que pase de nuevo por el vértice de la estrella de 90° (figura 282).

A continuación trazamos con el compás una circunferencia desde el centro de la estrella a la intersección de la circunferencia anterior y la línea que unía el centro de la estrella con los vértices de la estrella de 90° . Realizando el octógono inscrito a dicha circunferencia obtenemos los límites de la rueda de lazo de este tramo del almizate. Solo falta prolongar cada uno de los lados que sirvieron para construir la estrella de ocho inicial y ya tendremos todos los elementos necesarios para trazar la rueda de ocho de este tramo del almizate.²⁸³ (Figura 283).

283 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 229.

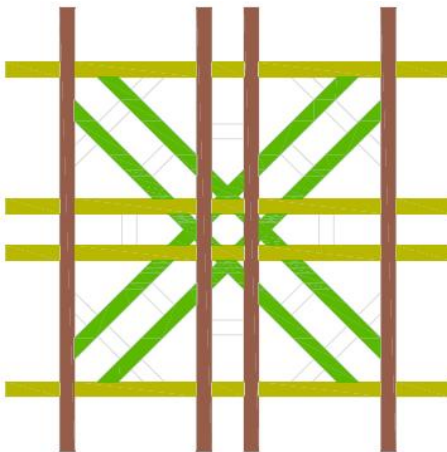


Figura 284. Pares, peinazos y piezas de relleno necesarias para realizar el trazado de la rueda.

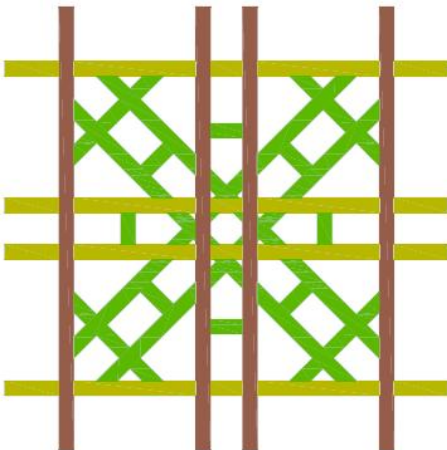


Figura 285. Piezas de relleno necesarias para realizar los azafates y candilejos de la rueda.

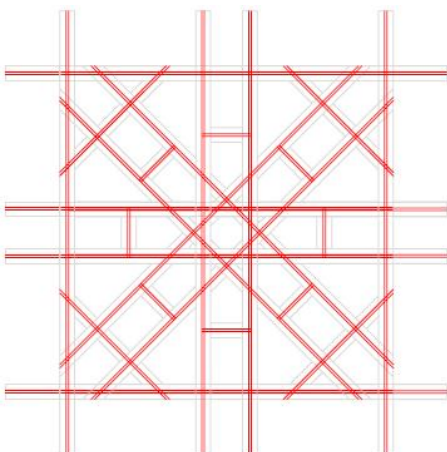


Figura 286. Gramiles practicados en las piezas que conforman la rueda.

A continuación mostramos una serie de dibujos para comprender mejor las piezas que se requieren en estos trabajos. En color marrón oscuro representamos los pares del almizate, mientras que los peinazos los representamos de color amarillo, y las piezas de relleno de color verde. Por último mostramos un dibujo del entramado de este tramo del almizate en el que las líneas rojas se corresponden a los gramiles. Los gramiles servían para acentuar el recorrido de las cintas, además de ser importantes a la hora de realizar los cortes de las piezas como veremos enseguida.

Ahora vamos a explicar el proceso de trazado de la rueda de lazo de ocho de este tramo del almizate, para lo cual nada mejor que repetir gráficamente el manejo que el carpintero hacía de los cartabones. Como hemos comentado anteriormente para trazar la rueda de ocho son necesarios tres cartabones: el cuatro, el ocho y el ataperfiles denominado blanquillo. Para una mejor comprensión de la explicación hemos distinguido los cartabones por colores, de modo que el del cuatro lo representamos de color rojo, el del ocho de color azul, y el blanquillo de color verde. La forma de obtener cada uno de ellos es muy sencilla y ya la hemos explicado en el capítulo 4.

Así pues, una vez obtenido los cartabones vamos a ver los distintos cortes que el carpintero precisaba dar a las piezas de madera para poder desarrollar esta compleja traza de lacería. Para ello simplemente basta con saber trazar uno solo de sus brazos ya que para completar la rueda basta con repetir el proceso tantas veces como brazos tenga la rueda, sin más que efectuar previamente el correspondiente giro. Una vez obtenido los brazos de la rueda falta completar la calle que se forma al unir dos módulos consecutivos, y la que se forma entre los peinazos exteriores y las penúltimas correas del faldón. Para ello explicaremos el trazado hasta los ejes del módulo, repitiéndose el proceso por simetría en el módulo adyacente.

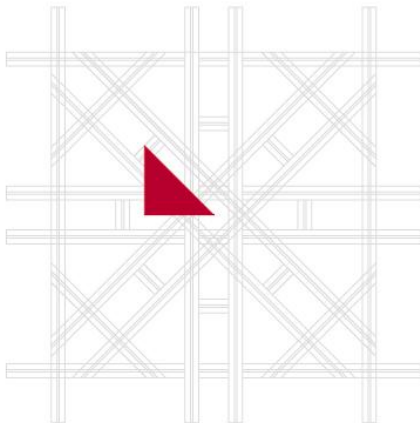


Figura 287. Desde el origen trazamos con la cola del cartabón del cuatro una recta que corte al peinado interior.

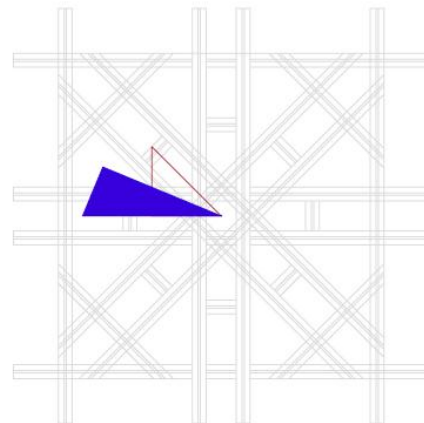


Figura 288. Desde el origen trazamos con la cola del cartabón del ocho una recta que corte al peinado interior.

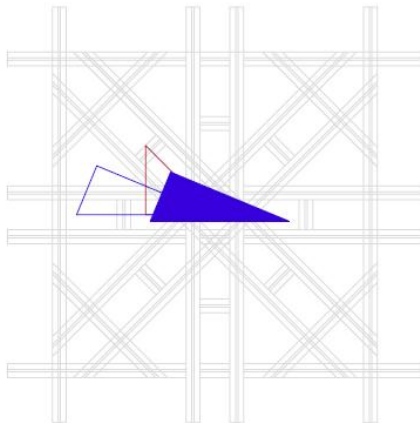


Figura 289. Desde la intersección del peinado interior con uno de los brazos de la estrella de ocho, trazamos una recta con la cabeza del cartabón del ocho.

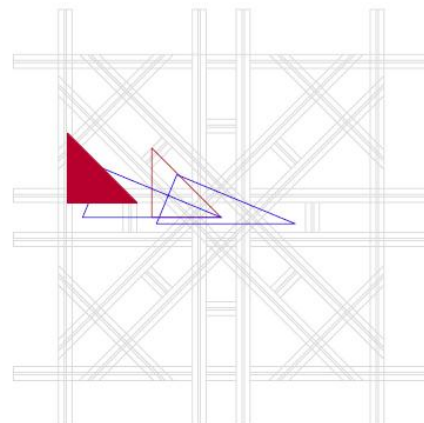


Figura 290. Desde la intersección de la pieza de relleno, que delimita el azafate de la estrella, con el peinado interior trazamos una recta con la cola del cuatro.

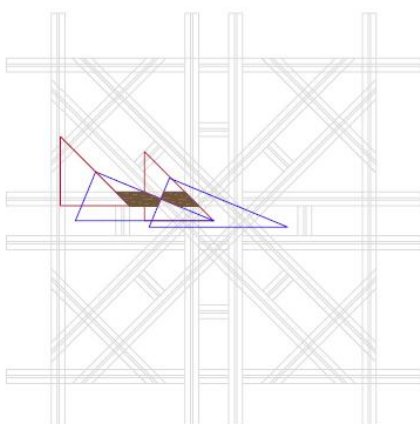


Figura 291. Con las anteriores operaciones ya estamos en disposición de trazar la primera pieza del brazo de la estrella, que mostramos en color marrón.

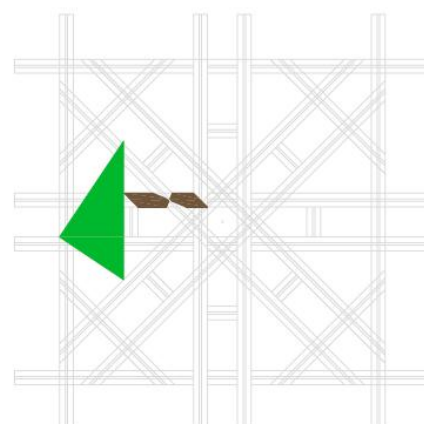


Figura 292. Desde la intersección del par y peinado exteriores trazamos una recta con la cabeza del blanquillo hasta que corte al par exterior.

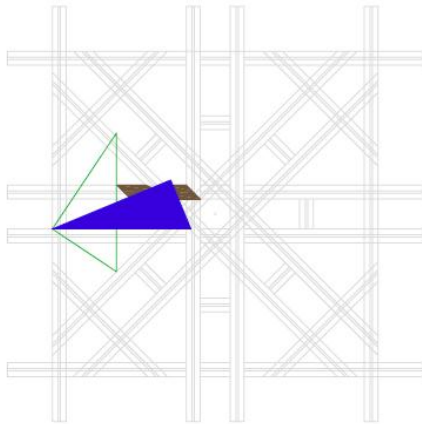


Figura 293. Desde la intersección “exterior del par y peinado” exteriores trazamos una recta con la cola del ocho hasta que corte a la pieza de relleno que delimita el azafate de la estrella.

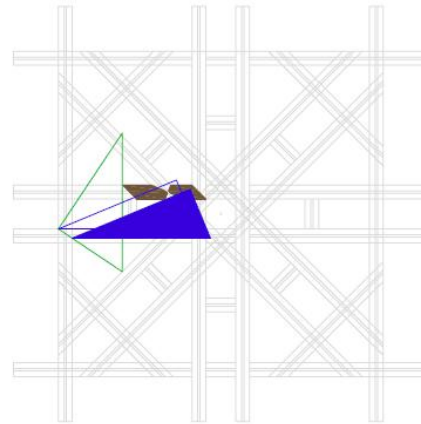


Figura 294. Volvemos a realizar la misma operación pero esta vez desde el punto obtenido en el paso de la figura 292.

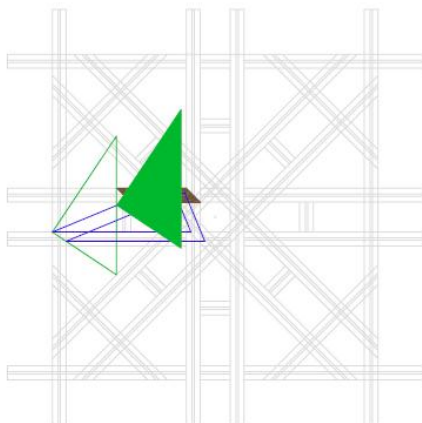


Figura 295. Unimos los dos puntos obtenidos anteriormente mediante la cabeza del blanquillo.

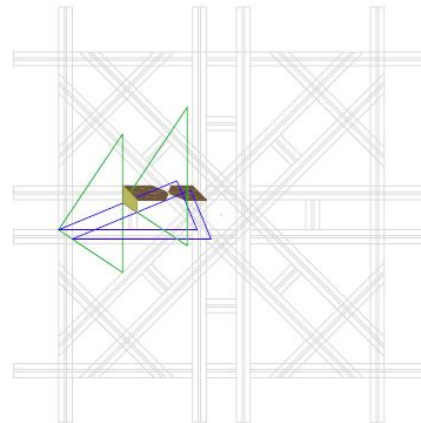


Figura 296. A continuación ya estamos en disposición de completar la segunda pieza del brazo de la estrella, que representamos en color marrón claro.

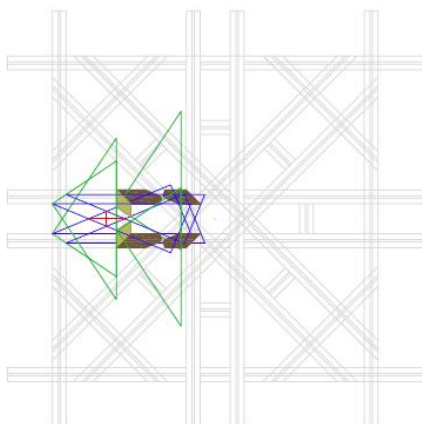


Figura 297. Por simetría en el otro lado del brazo, obtenemos las mismas piezas. Además estamos en disposición de obtener las piezas de la aspilla, para lo cual simplemente debemos realizar los cortes señalados en rojo en la intersección entre ambas piezas. Para ello nos ayudamos del cruce de los gramiles.

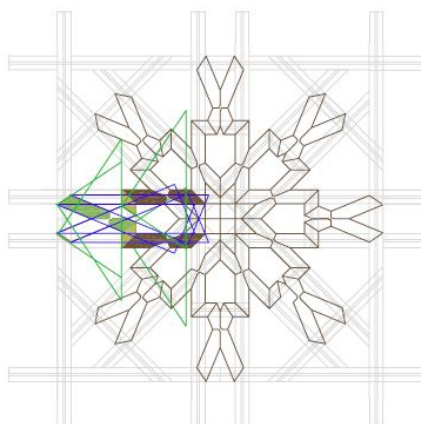


Figura 298. En verde mostramos dos de las piezas que conforman uno de los brazos de la aspilla.

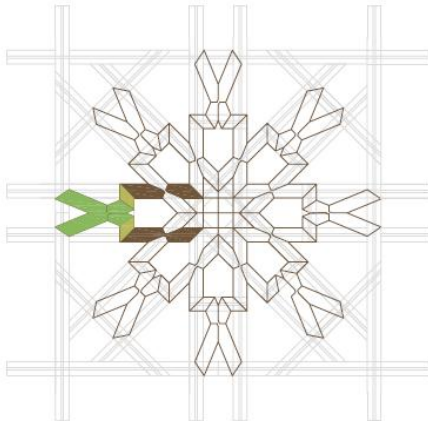


Figura 299. En esta imagen mostramos como queda la aspilla completa, así como uno de los brazos de la estrella de ocho que constituyen la rueda de ocho de este tramo.

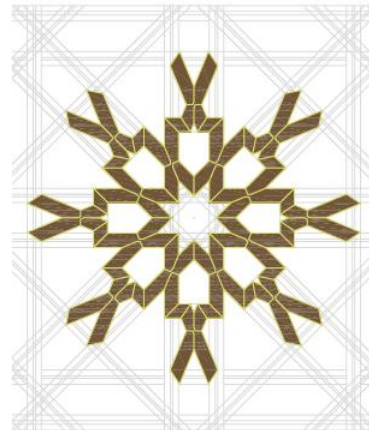


Figura 300. A continuación realizamos las mismas operaciones en cada uno de los brazos de la estrella. En esta figura se pueden apreciar la forma de los azafates de esta rueda.

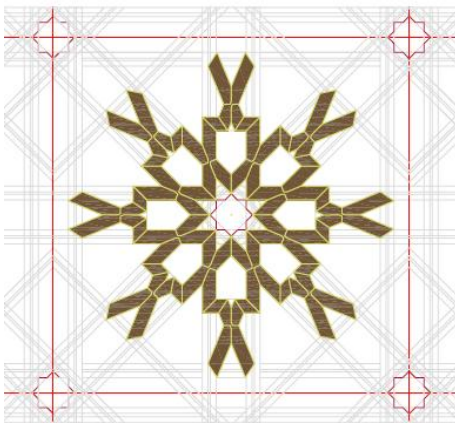


Figura 301. Para comprender mejor el desarrollo de la rueda vamos a indicar los ejes que conforman este módulo, así como las estrellas que servirán para completar posteriormente el trazado.

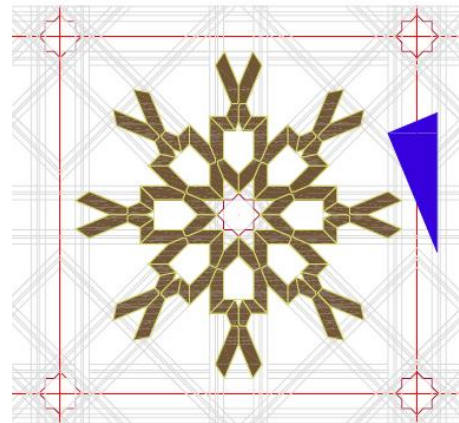


Figura 302. Desde la intersección "superior" del par exterior y la pieza de relleno, trazamos una recta con la cola del ocho hasta que corte de nuevo al par.

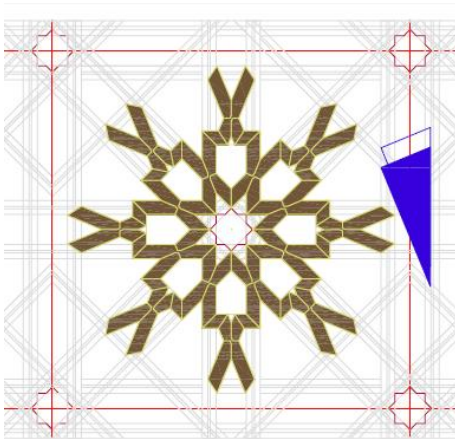


Figura 303. A continuación realizamos la misma operación desde la intersección "inferior", pero esta vez con la cabeza del ocho.

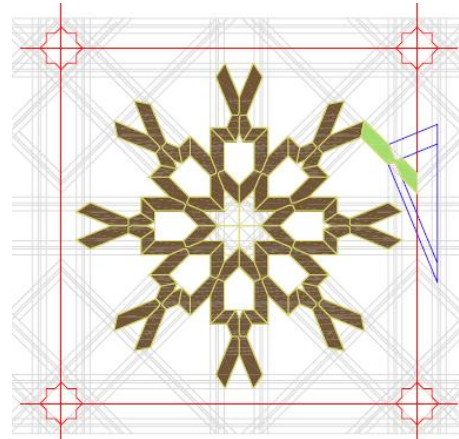


Figura 304. Con los cortes anteriores y con el cruce de los gramiles ya estamos en disposición de completar una nueva pieza de la rueda de ocho, que representamos en color verde claro.

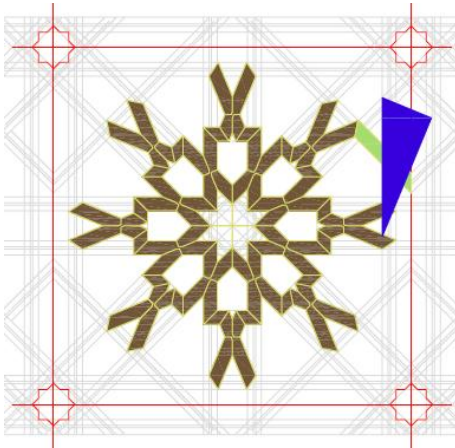


Figura 305. Desde la intersección del par exterior y la prolongación de la pieza de relleno que conforma uno de los brazos de la estrella, trazamos una recta con la cabeza del ocho.

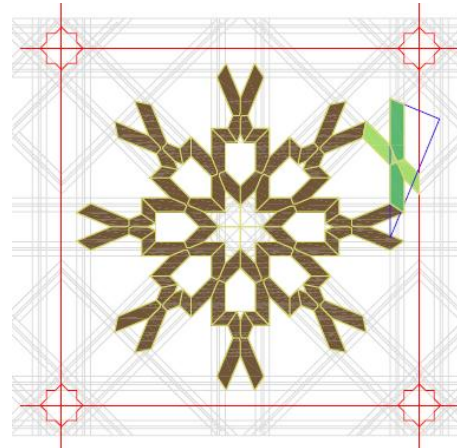


Figura 306. Estamos en disposición de completar la pieza que completa uno de los ocho candilejos que conforman la rueda de ocho. Dicha pieza la representamos en color verde oscuro.

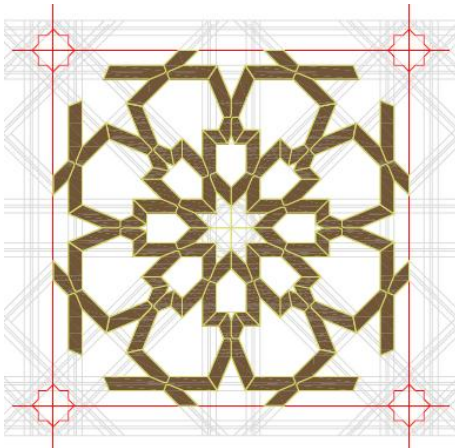


Figura 307. Realizando la misma operación entre cada dos brazos consecutivos obtenemos el resto de candilejos de la rueda. La figura obtenida constituye la rueda de ocho de este tramo del almizate.

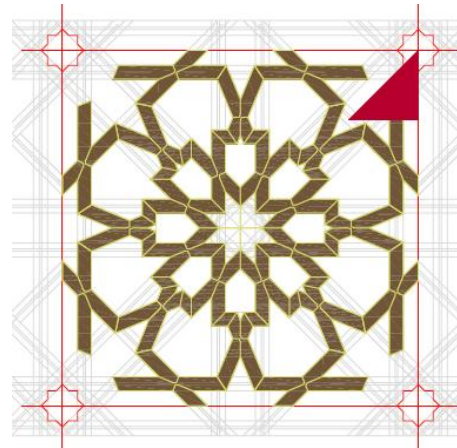


Figura 308. Falta para completar el trazado, obtener las piezas que constituyen las "calles" de la rueda. Para ello trazamos con la cola del cuatro una recta desde el origen de la estrella de ocho de una de las calles, hasta que corte al peinado exterior.

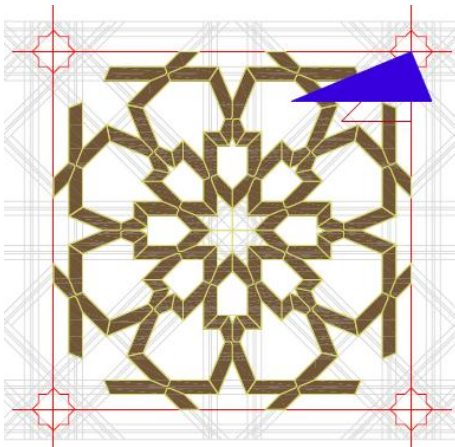


Figura 309. Desde el origen de dicha estrella trazamos una recta con la cola del ocho hasta que vuelva a cortar al peinado exterior.

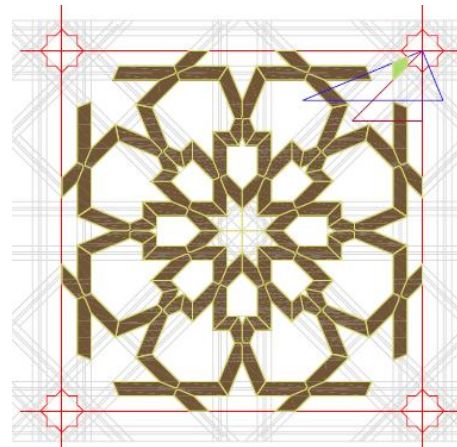


Figura 310. Estamos en disposición de obtener una de las piezas que conforman la estrella de ocho de una de las calles, y que representamos en verde claro.

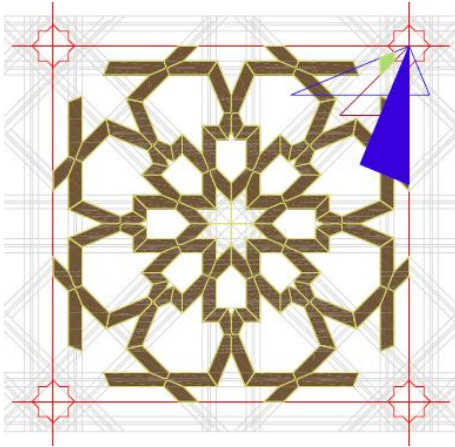


Figura 311. Desde el origen de la estrella trazamos con la cola del ocho una recta, con la precaución de girar el cartabón 90°, hasta que corte al peinado exterior.

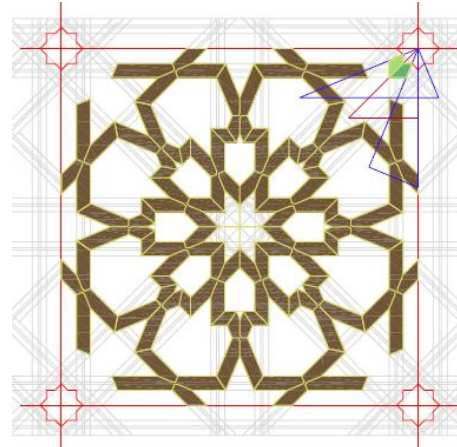


Figura 312. De este modo obtenemos la segunda pieza de la estrella, representada en color verde oscuro.

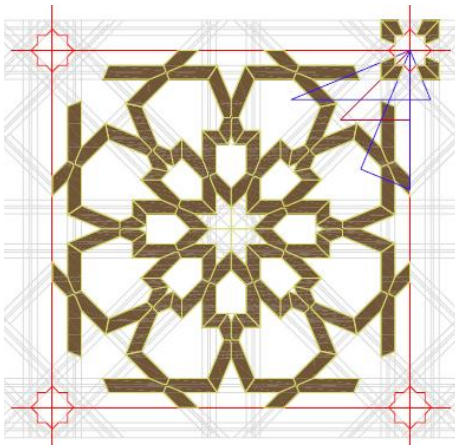


Figura 313. A continuación realizamos la misma operación en cuatro de los vértices de la estrella, como se muestra en la figura.

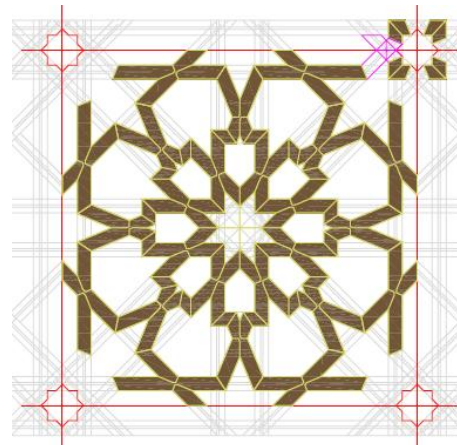


Figura 314. Sólo falta resolver el vértice que une la estrella con una de las piezas del candilejo. Para ello se resuelve la intersección apoyándonos en el cruce de los gramiles dando los cortes que se muestran en la figura.

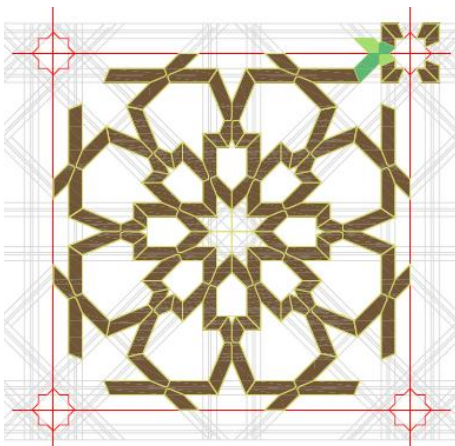


Figura 315. Aquí podemos apreciar de forma más clara la configuración de las piezas que unen el vértice de la estrella con las piezas del candilejo.

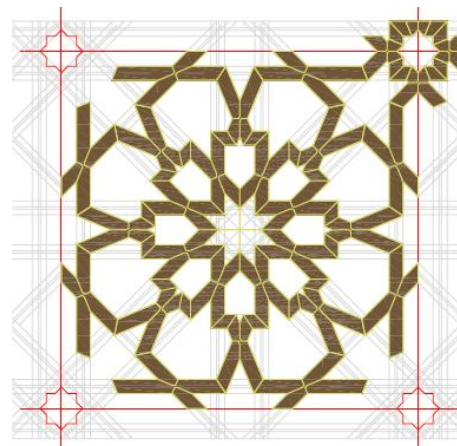


Figura 316. Realizamos la misma operación en cada uno de los tres vértices de la estrella que faltan para completar su trazado.

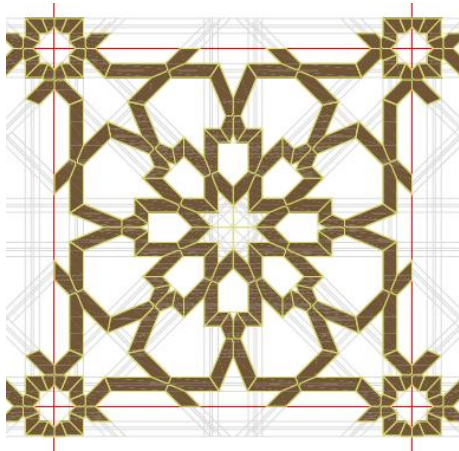


Figura 317. Las mismas operaciones que hemos realizado para trazar la estrella anterior, las volvemos a hacer en las tres estrellas restantes, obteniendo la práctica totalidad del trazado.

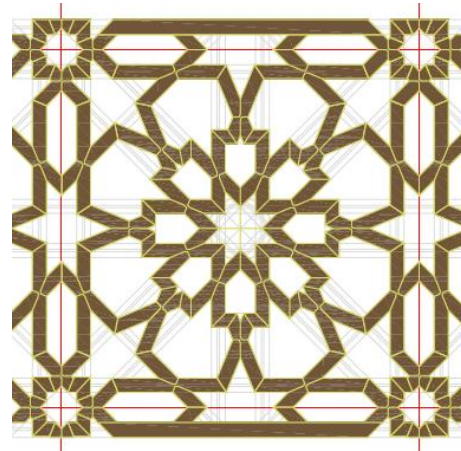


Figura 318. Sólo falta para completar el trazado del módulo, materializar las piezas que constituyen las calles del módulo. Dichas piezas se obtienen por simetría con relación al eje que separa los distintos módulos. En el artesanado de la Concepción vemos como las piezas que constituyen los peínazos exteriores que están junto a las correas, se realizan continuos, en vez de realizarse los cortes por simetría como pasa en los ejes que separan los distintos módulos. Estos seguramente se hicieron así para simplificar el trabajo del carpintero.

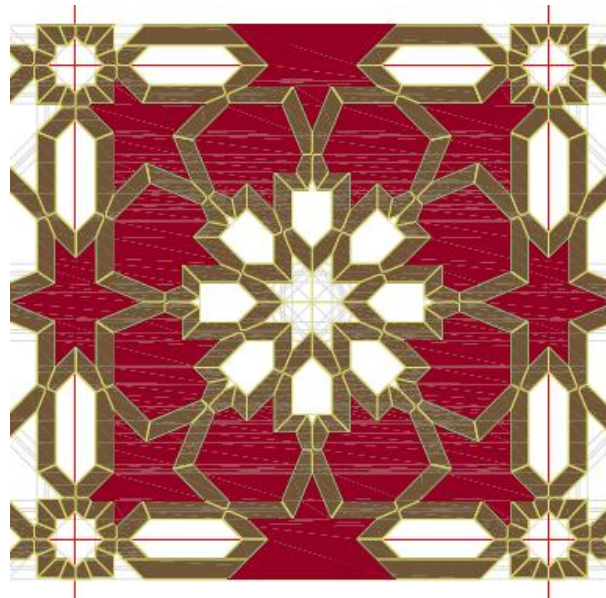


Figura 319. En esta figura muestro los tableros de madera decorados con policromía que sirven para embellecer el conjunto del artesanado. Dichos tablero van encajados en unas ranuras en forma de L practicados en los pares, peínazos y piezas de relleno necesarias.

7.3.2. CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO 2 DEL ALMIZATE DE LA NAVE CENTRAL:



Figura 320. Tramo dos del almizate.

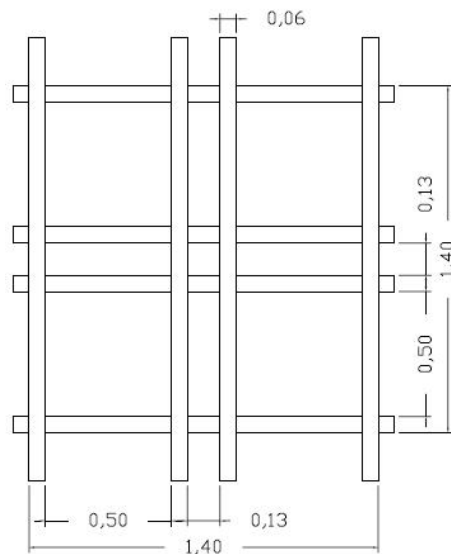


Figura 321. Módulo del tramo dos del almizate

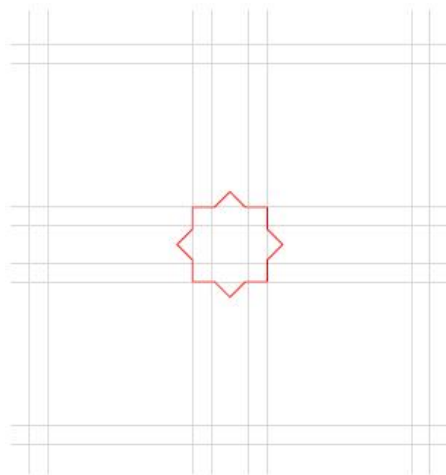


Figura 322. Origen de la rueda de ocho del tramo dos del almizate.

El almizate del tramo dos de la nave central de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz se divide en cinco módulos como el que mostramos en la figura 321. Los pares, peinazos y piezas de relleno que constituyen este tramo del almizate, están dispuestos “a calle y cuerda”, de modo que su separación sea igual al doble de su grueso.

Todos los módulos de este tramo se resuelven del mismo modo, es decir con una rueda de lazo de ocho, siendo los puntos más complicados de resolver, como ocurría en el tramo uno, las calles que se forman a la hora de juntar dos módulos consecutivos, y la calle que se forma entre los peinazos exteriores y las penúltimas correas del faldón

Para comprender mejor la disposición de los elementos necesarios para construir este tramo de almizate, así como para comprender los cortes que requieren las piezas para poder desarrollar la rueda de lazo, vamos a mostrar una secuencia grafica del proceso constructivo.

Al igual que hemos hecho a la hora de tratar el tramo uno del almizate de la Concepción de Caravaca, para explicar la construcción del segundo tramo del almizate de la nave central vamos a comenzar explicando como se forma la rueda de lazo de ocho de este tramo, así como la forma de disponer los pares, peinazos y piezas de relleno necesarias para realizar este trazado de lacería. Finalmente comentaremos la forma de dar los cortes a las piezas mediante el empleo de los cartabones de lazo.

Partiendo del modulo de la figura 321, obtenemos un cuadrado cuyo lado queda delimitado por los pares y peinazos interiores. Si giramos 45° dicho cuadrado obtenemos la estrella de ocho puntas

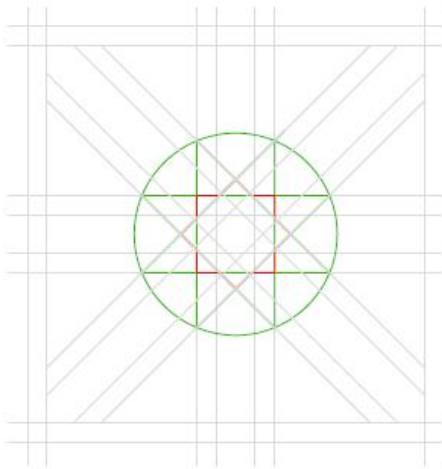


Figura 323. Obtención de los brazos que sirven para materializar la estrella de ocho de este tramo.

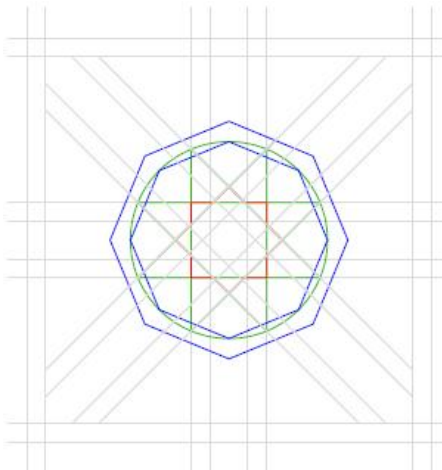


Figura 324. Obtención de cuatro de los azafates de la estrella de ocho del tramo dos del almizate.

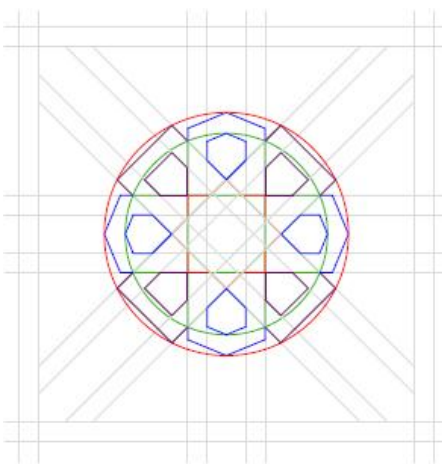


Figura 325. Obtención de los restantes azafates de la estrella de ocho del tramo dos del almizate.

de 90° que se muestra en la figura 322. Alargando cada uno de los lados de los cuadrados que han servido para obtener la estrella de ocho hasta que se corten entre sí obtenemos otra estrella de ocho pero de puntas más agudas, en este caso de 45° (figura 323). A continuación trazamos un octógono inscrito a la estrella de puntas de 45° , de modo que el punto medio de sus lados coincida con los vértices de la estrella. Seguidamente trazamos otro octógono exterior a la distancia necesaria para que todas las piezas del trazado tengan el mismo espesor (figura 324).

El siguiente paso consiste en alargar cada uno de los brazos de la estrella hasta llegar a los pares y peinaos exteriores. Llegado a este punto ya tendríamos los azafates de cada uno de los brazos de la rueda de ocho, pero este tramo del almizate presenta una particularidad, ya que no todos los brazos de la rueda presentan el mismo azafate. Para ello basta simplemente con trazar con el compás una circunferencia circunscrita al octógono exterior uniendo mediante una recta los puntos de intersección de esta circunferencia con las piezas de relleno que parten de los brazos de la estrella de ocho (figura 325).

Una vez obtenido las piezas de relleno que sirven para materializar los azafates de la rueda de lazo, nos falta obtener los límites de la rueda. Para ello trazamos un octógono circunscrito a los peinaos exteriores, realizando otro interior a este para conseguir el espesor de la pieza de relleno. A continuación trazamos un cuadrado inscrito a los peinaos exteriores, con lo que ya tenemos el conjunto de piezas de relleno así como los pares y peinaos necesarios para la construcción de este tramo del almizate (figura 326).

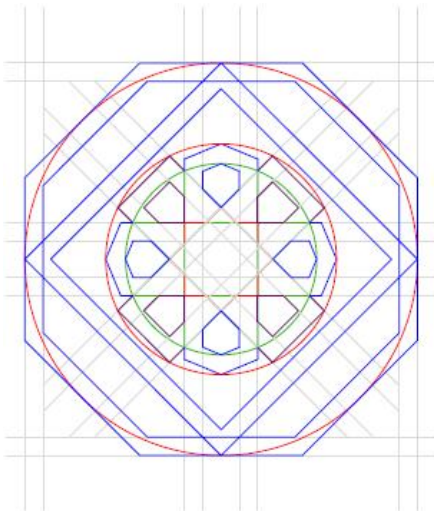


Figura 326. Obtención de los límites de la rueda de este tramo, así como de las restantes piezas de relleno necesarias para completar el trazado.

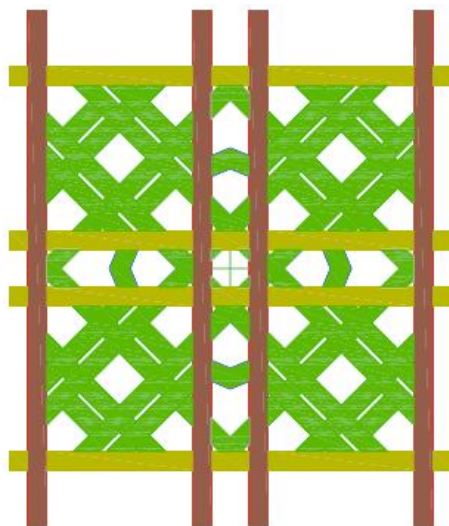


Figura 327. Pares, peinaos y piezas de relleno necesarias para realizar el trazado de la rueda.

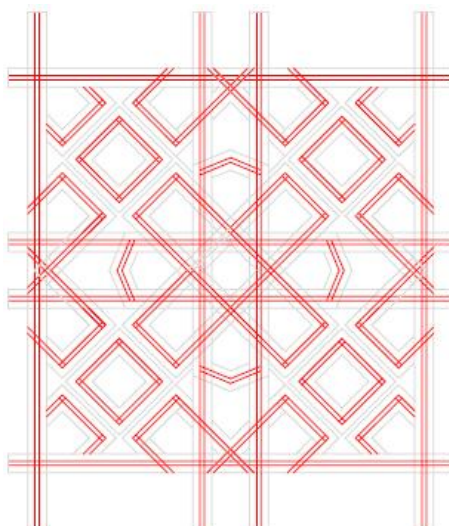


Figura 328. Gramiles practicados en las piezas que conforman la rueda.

Al igual que hicimos en el tramo uno, mostramos un dibujo en el que representamos en color marrón oscuro los pares de la estructura, en color amarillo los peinaos y en color verde las piezas de relleno (figura 327). Por ultimo mostramos la rueda de ocho del tramo dos del almizate con las ranuras practicada en su cara vista (gramiles), que sirven para acentuar el recorrido sin interrupción de las cintas, además de ser fundamentales a la hora de realizar los distintos cortes de las piezas como veremos a continuación (figura 328).

Para explicar el proceso de trazado, de la rueda de lazo de ocho del tramo dos del almizate, nada mejor que reproducir gráficamente el manejo que el carpintero hacía de los cartabones. Al igual que ocurre en el tramo uno de la nave central, para trazar la rueda de ocho de este tramo son necesarios tres cartabones: el cuatro, el ocho y el ataperfiles denominado blanquillo.

Hemos distinguido los cartabones por colores, de modo que el del cuatro lo representamos de color rojo, el del ocho de color azul, y el blanquillo de color verde. La forma de obtener cada uno de ellos es muy sencilla y ya la hemos explicado en el capítulo 4.

Los distintos cortes que el carpintero precisaba dar a las piezas de madera para poder desarrollar la rueda de ocho de este tramo los hacía con los cartabones de lazo. Este tramo dos del almizate de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz es el que presenta un trazado más complejo y al mismo tiempo, más bonito si cabe, que el resto de los tramos de la nave central.

Para obtener el desarrollo de esta rueda de lazo, debemos tener en cuenta que no todos los brazos presentan el mismo azafate. Por tanto comenzaremos por desarrollar las piezas de uno de los brazos de la estrella

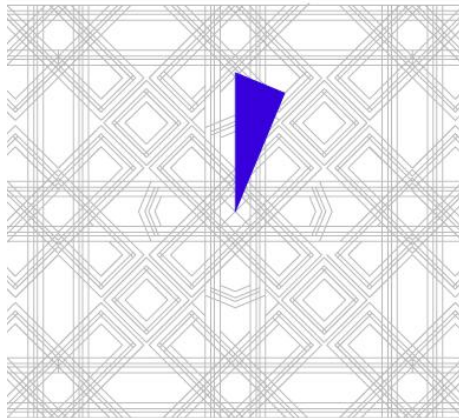


Figura 329. Desde el origen del módulo trazamos una recta con la cola del ocho, como muestra la imagen, hasta cortar al par interior.

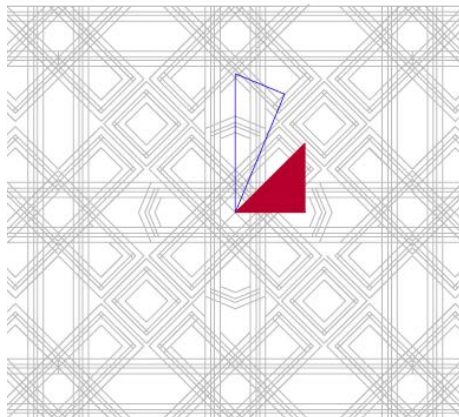


Figura 330. Desde el origen volvemos a trazar una recta pero esta vez con la cola del cuatro hasta que corte al par interior.

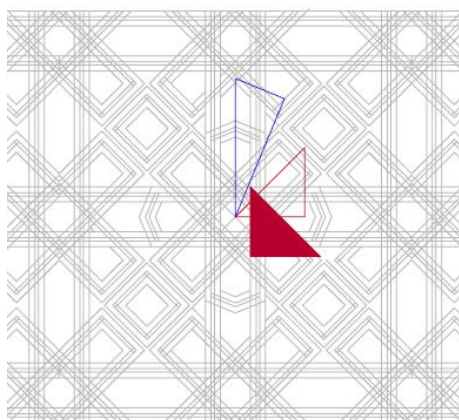


Figura 331. Desde la intersección "superior" del par y peinazo interior, trazamos otra recta con la cola del cuadrado hasta que corte al peinazo interior.

de ocho. A continuación trazaremos las piezas de las aspillas de dicho brazo, repitiendo el proceso en los brazos que presentan el mismo tipo de azafate.

Una vez desarrollado cuatro de los brazos de la estrella de ocho de este tramo del almizate, vamos a obtener los restantes brazos. Para ello volvemos a obtener las piezas de uno de los cuatro brazos que restan para completar la estrella de ocho, repitiendo el proceso en el resto de los brazos de la estrella.

Completado todos los brazos de la estrella podemos observar un elemento que no se repite en el resto de los tramos del almizate de la Concepción, como son las almendrillas que quedan en la intersección entre dos brazos adyacentes. El siguiente paso que debemos dar es resolver el problema que se nos presenta en las calles al unir dos módulos consecutivos, al igual que ocurre en la calle que forman los peinazos exteriores y las penúltimas correas del faldón.

Para resolver esta problemática simplemente repetimos en cada uno de los cuadrados que se forman al cruzarse los pares y peinazos que constituyen un módulo del almizate el trazado obtenido anteriormente. Llegado a este punto sólo falta por resolver las cuatro cuadrículas que quedan entre las estrellas de ocho. Simplemente resolviendo una de ellas queda solucionado el problema ya que el resto se realizan de la misma forma. Al completar el trazado podemos observar los candilejos que son las estrellas de forma irregular que se forman entre las aspillas y los brazos que presentan un azafate diferente al normal. Para comprender mejor lo dicho anteriormente, vamos a ir explicando el proceso gráficamente y comentando la forma de materializar los distintos cortes de las piezas.

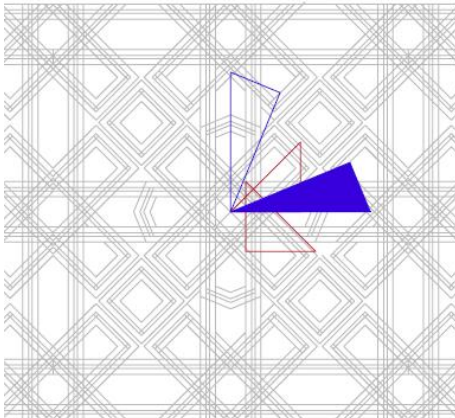


Figura 332. Desde el origen volvemos a trazar una recta con la cola del ocho hasta cortar al peinado interior.

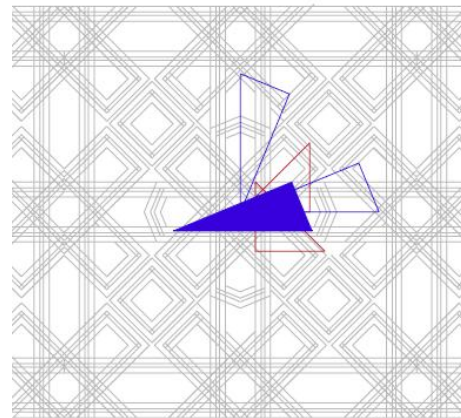


Figura 333. Desde la intersección del peinado interior con uno de los brazos que sirve para trazar la estrella de ocho, trazamos una recta con la cabeza del ocho hasta cortar a l peinado interior por su parte inferior.

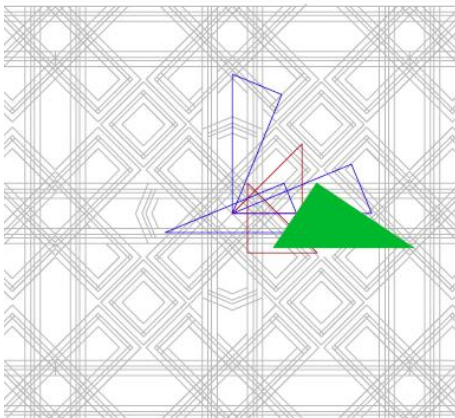


Figura 334. Desde la intersección del peinado interior con la pieza de relleno que sirve para materializar uno de los azafates de la estrella de ocho, trazamos una recta con la cabeza del blanquillo, hasta cortar al peinado por su parte inferior.

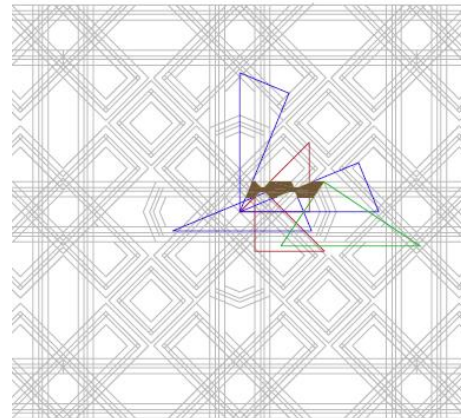


Figura 335. Con las operaciones anteriores ya estamos en disposición de obtener la primera pieza de uno de los ocho brazos de la rueda.

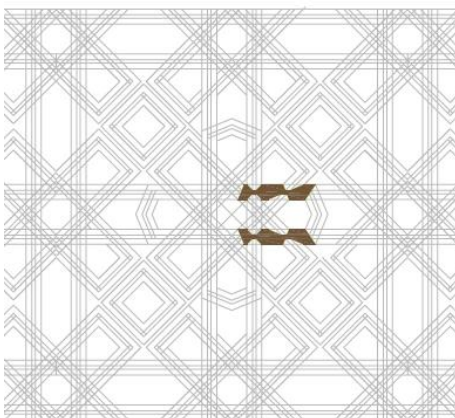


Figura 336. Por simetría en el otro lado del brazo obtenemos la misma pieza.

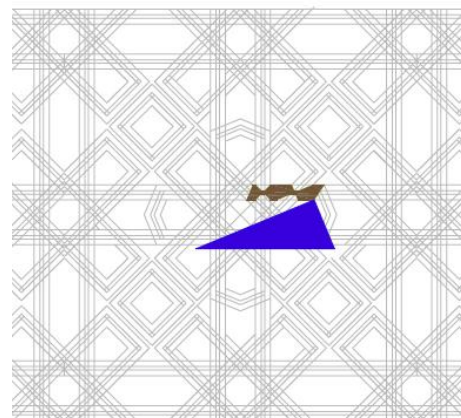


Figura 337. A continuación vamos a obtener las piezas de la espilla de la rueda. Para ello trazamos una recta con la cabeza del ocho como se muestra en la figura.

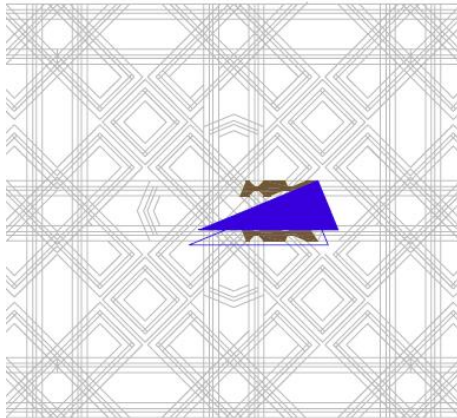


Figura 338. Volvemos a realizar la misma operación pero esta vez desde el punto más alto, obteniendo de este modo una de las piezas de la aspillera.

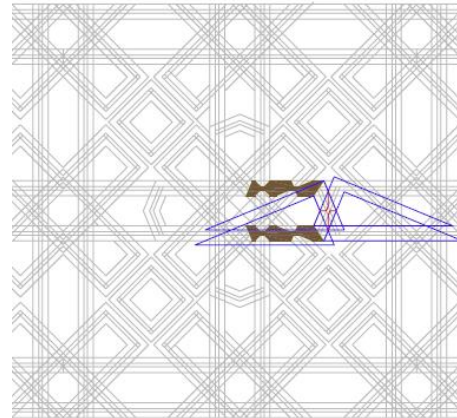


Figura 339. Por simetría obtenemos la otra pieza de la aspillera. Sólo falta resolver el corte que debemos darle a las piezas en su encuentro, los cuales se trazan a partir del cruce de los gramiles y que mostramos en color rojo.

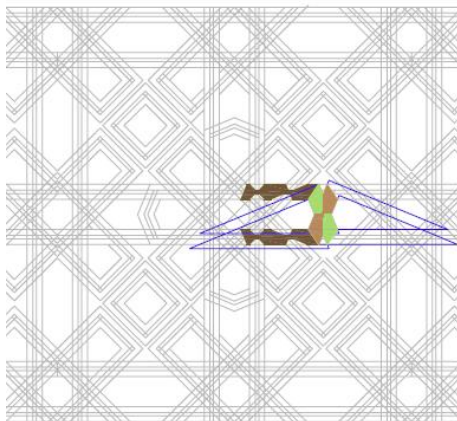


Figura 340. A continuación mostramos las piezas que conforman las aspillas de la rueda de ocho de este tramo.

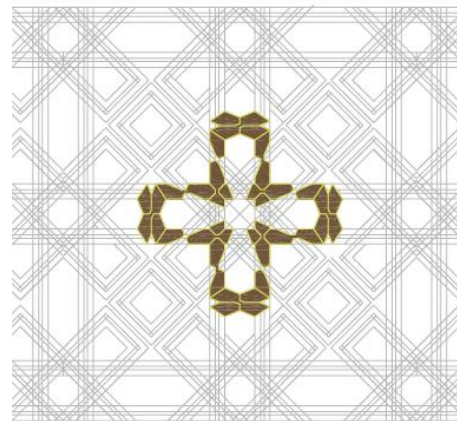


Figura 341. Realizamos las mismas operaciones en los cuatro brazos de la rueda que presentan el mismo azafate.

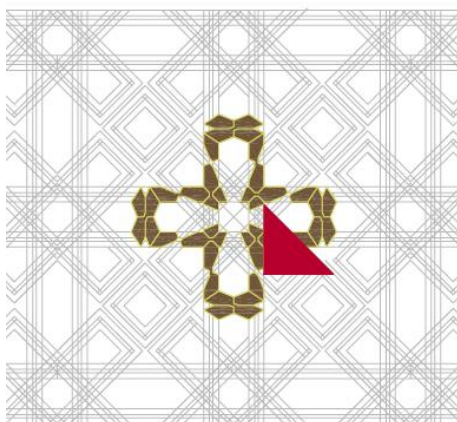


Figura 342. Ahora vamos a obtener los azafates de los cuatro brazos restantes. Para ello desde la parte inferior de la pieza del azafate construido anteriormente, trazamos una recta con la cola del cuatro hasta cortar a la pieza de relleno que delimita el azafate que queremos obtener.

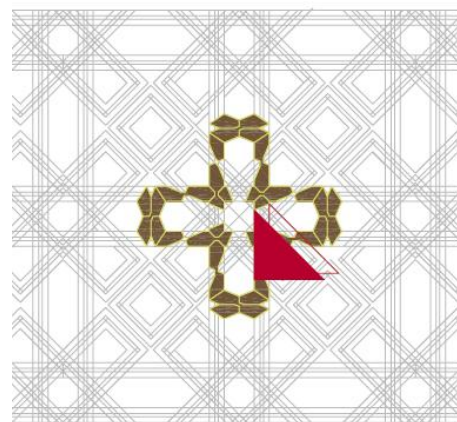


Figura 343. Realizamos la misma operación pero desde el otro extremo de la pieza.

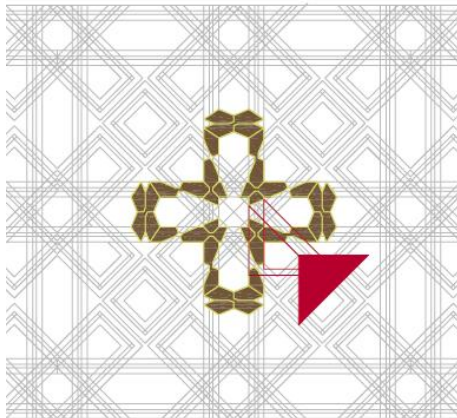


Figura 344. Desde la intersección de la pieza de relleno que sirve para materializar el brazo de la estrella con la pieza de relleno que delimita el azafate, trazo una recta con la cabeza del cuatro hasta cortar a la pieza de relleno del brazo.

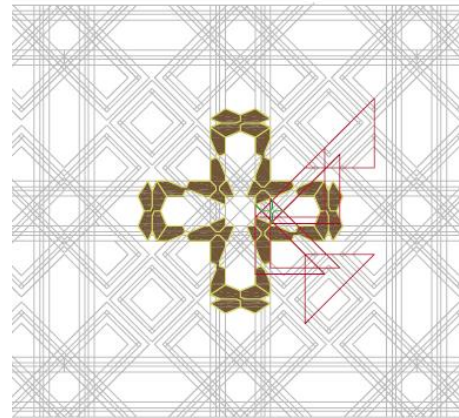


Figura 345. Por simetría obtenemos la otra pieza de la aspill. Sólo falta resolver el corte que debemos darle a las piezas en su encuentro, los cuales se trazan a partir del cruce de los gramiles y que mostramos en color azul.

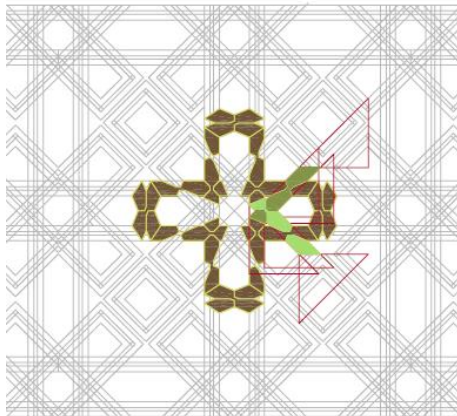


Figura 346. A continuación mostramos las piezas que conforman las aspillas de los brazos restantes de la rueda de ocho de este tramo.

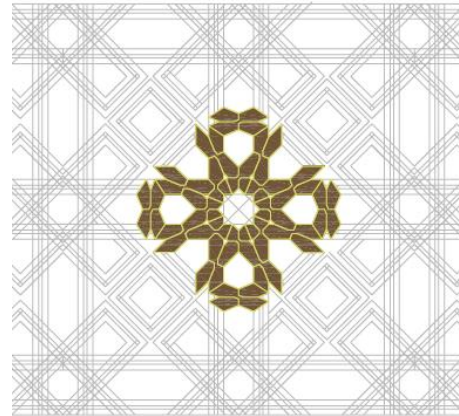


Figura 347. Realizamos las mismas operaciones en los cuatro brazos de la rueda que presentan el mismo azafate, obteniendo todos los brazos de la estrella de ocho. Las figuras irregulares pequeñas que quedan entre los distintos brazos son las almendrillas.

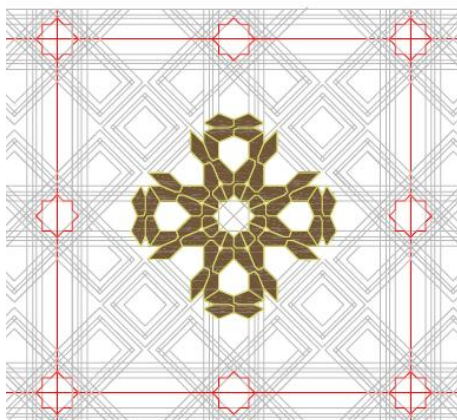


Figura 348. Para comprender el trazado del módulo vamos a apoyarnos en sus ejes y calles. En cada una de las cuatro calles que conforman el módulo de este tramo, se materializan tres estrellas como la que nace en el origen del módulo

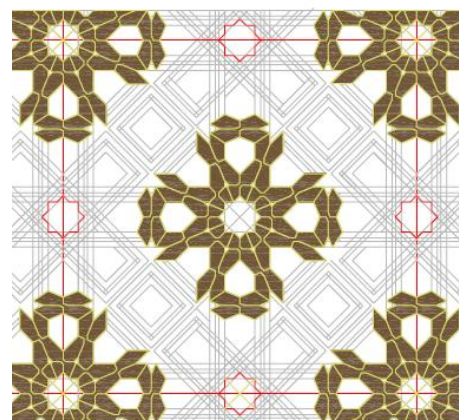


Figura 349. Resolvemos las estrellas de las esquinas como hemos hecho con la estrella "central" del módulo.

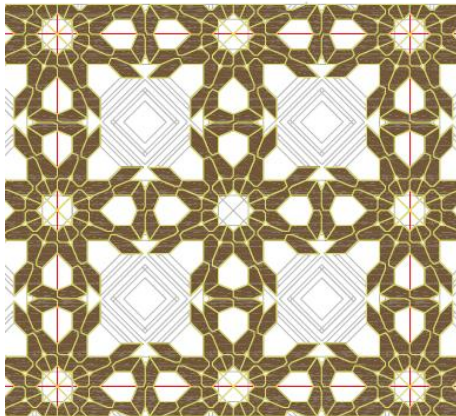


Figura 350. Volvemos a resolver las cuatro estrellas restantes de la misma forma, obteniendo la práctica totalidad del trazado de este módulo.

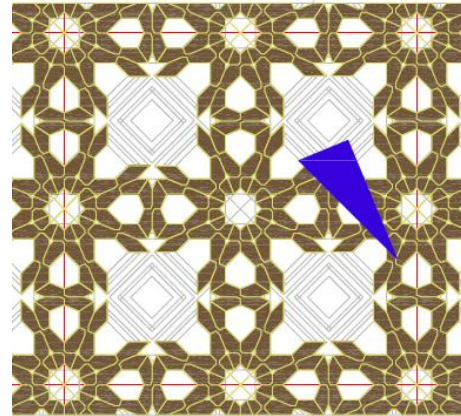


Figura 351. Solo falta por trazar las cuatro cuadrículas que quedan entre las distintas estrellas. Cada cuadrícula está conformado por dos cuadrados concéntricos. Resolviendo un solo lado de estos cuadrados ya habremos resuelto el problema. Desde unos tres centímetros de la esquina que constituye la parte inferior del azafate, trazamos una recta con la cabeza del ocho hasta cortar la parte superior de la pieza del azafate.

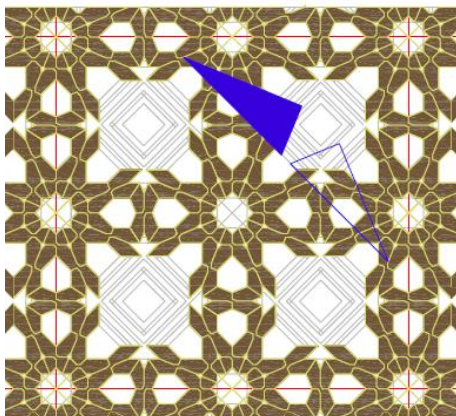


Figura 352. Realizamos la misma operación pero por el otro extremo.

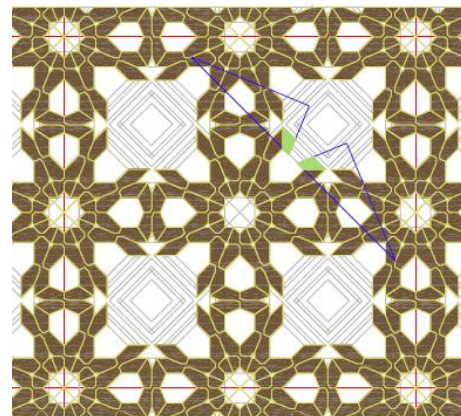


Figura 353. Así pues ya hemos obtenido dos de las piezas necesarias para resolver el trazado.

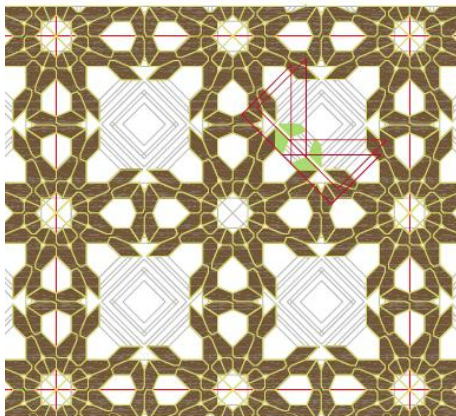


Figura 354. Por simetría obtenemos las mismas piezas en el cuadrado concéntrico. Y con la cola del cuadrado trazamos las rectas que se ven en la figura.

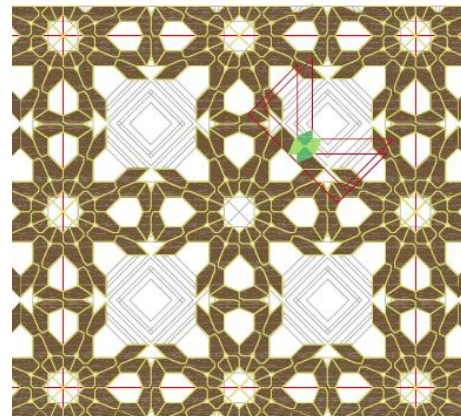


Figura 355. Solo falta materializar los cortes que debemos dar a las piezas en su encuentro. Para ello nos apoyamos en el cruce de los gramiles, obteniendo las piezas que se ven en la figura.

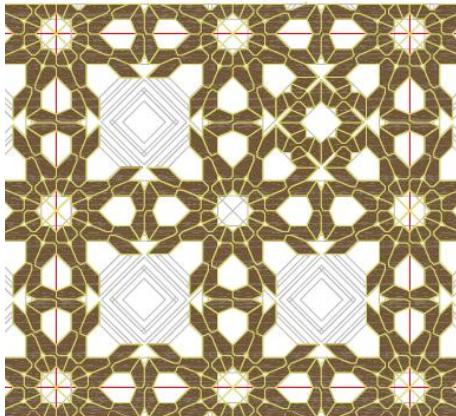


Figura 356. Realizando las mismas operaciones en cada uno de los cuatro lados de los cuadrados concéntricos completamos la cuadrícula.

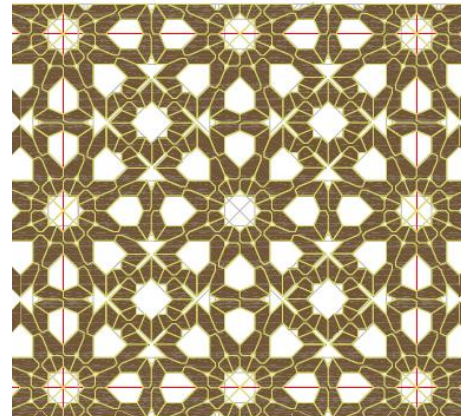


Figura 357. Para finalizar, hacemos lo mismo con las tres cuadrículas restantes, completando el trazado. Las estrellas de cinco puntas de forma irregular que quedan entre los distintos brazos son los candilejos.

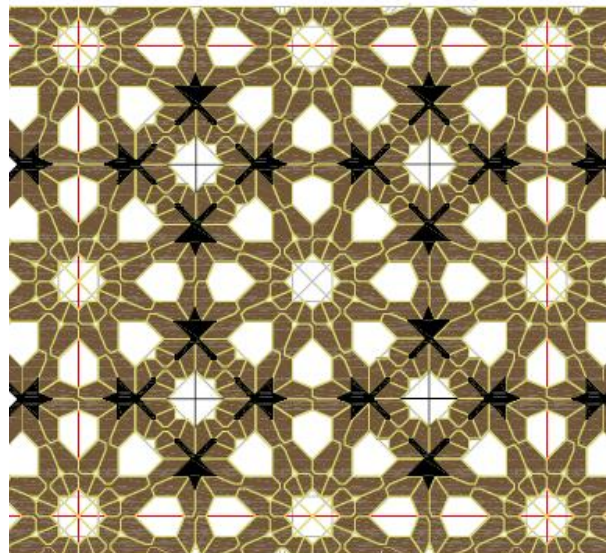


Figura 358. En esta figura muestro en color negro los candilejos que se forman al trazar la rueda de ocho de este tramo dos del almizate

7.3.3. CONSTRUCCIÓN DEL TRAMO 3 DEL ALMIZATE DE LA NAVE CENTRAL:



Figura 359. Tramo tres del almizate.

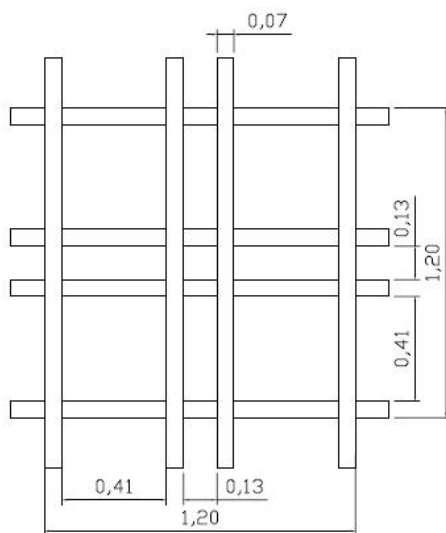


Figura 360. Módulo del tramo tres del almizate.

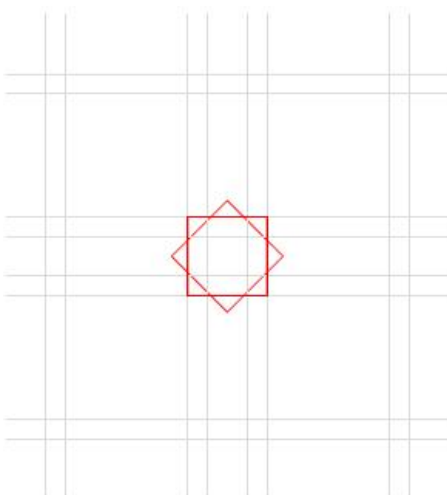


Figura 361. Origen de la rueda de ocho del tramo tres del almizate.

Para confeccionar el almizate del tramo tres de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz se optó por dividir éste en cuatro módulos como el que mostramos en la figura 360. Como ocurre con los otros tramos de la nave central de la iglesia, los elementos que sirven para confeccionar el almizate de este tramo, tales como pares, peinaos y piezas de relleno, se disponen “a calle y cuerda”, es decir con una separación entre ellos igual al doble de su grueso.

Cada uno de los cuatro módulos que constituyen este tramo se resuelve de la misma forma, y al igual que en los otros tramos, el motivo decorativo consiste en el desarrollo de una rueda de ocho.

Para comprender mejor la disposición de los elementos necesarios para construir este tramo de almizate, así como para comprender los cortes que requieren las piezas para poder desarrollar la rueda de lazo, vamos a mostrar una secuencia grafica del proceso constructivo.

El tramo tres del almizate de la Concepción de Caravaca de la Cruz se construye de forma muy similar al tramo primero de la nave. Una de las principales diferencias que presentan estos tramos viene determinada por la modulación de sus tramos, ya que en el caso del tramo tres los pares y peinaos se disponen más próximos entre sí, dando como resultado unos candilejos más “chatos.” Por lo demás su construcción es exactamente igual que la realizada para obtener el almizate de los tramos cero y uno. Para explicar la construcción del tercer tramo del almizate de la nave central vamos a comenzar explicando como se forma la rueda de lazo de ocho en este tramo, así como la forma de disponer los pares, peinaos y piezas de relleno necesarias para realizar este trazado de lacería. Finalmente comentaremos la forma de dar los cortes a las piezas mediante el empleo de los cartabones de lazo.

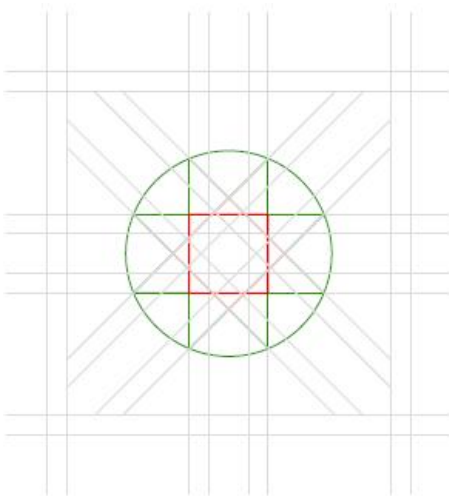


Figura 362. Obtención de los brazos que sirven para materializar la estrella de ocho de este tramo.

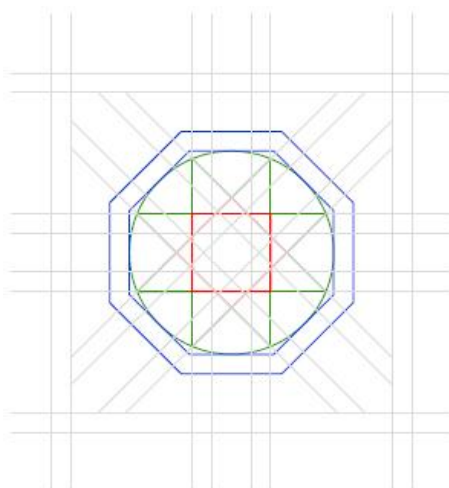


Figura 363. Construcción de los elementos estructurales que delimitan los azafates de la rueda de este tramo.

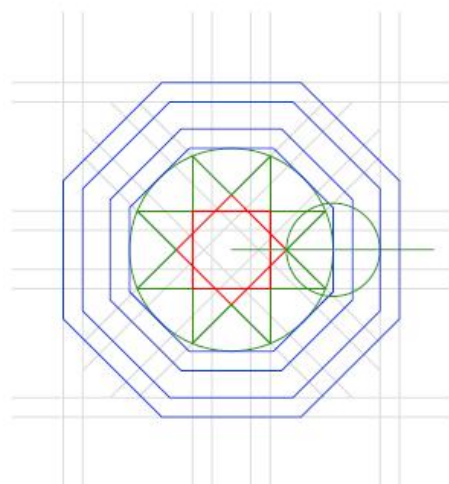


Figura 364. Obtención de los límites de la rueda de este tramo.

Al igual que en los tramos anteriores, el desarrollo de la rueda de ocho nace de la estrella de ocho puntas que obtenemos al girar 45° el cuadrado que forma la intersección de los pares y peinazos interiores (figura 361). La estrella que así obtenemos presenta puntas de 90° . Si alargamos cada uno de los lados de los cuadrados que nos han servido para generar la estrella de ocho, obtenemos otra estrella de ocho pero con puntas más agudas, en este caso de 45° (figura 362).

Para poder seguir desarrollando la rueda tenemos que realizar un octógono circunscrito a la estrella de puntas de 45° , de modo que los vértices de la estrella coincidan con los lados del octógono. A continuación trazamos otro octógono exterior al anterior a una distancia tal que todos los elementos que constituyen el almizate de este tramo tengan el mismo grueso (figura 363).

El siguiente paso consiste en alargar cada uno de los brazos de la estrella hasta llegar a los pares y peinazos exteriores. Llegado a este punto ya tenemos las piezas de relleno que sirven para materializar los azafates de cada uno de los brazos de la rueda de ocho, y sólo nos queda conseguir las piezas que constituyen el límite de la rueda. Para ello trazamos una línea que partiendo del origen de la estrella de ocho puntas inicial pase por uno de sus vértices de 90° hasta cortar a uno de los lados del polígono circunscrito a la estrella de puntas de 45° . Desde ese punto trazamos con el compás una circunferencia que pase por el vértice de la punta de 90° (figura 364).

Solo queda trazar una circunferencia desde el origen de la estrella hasta el punto que se obtiene de la intersección de la circunferencia anterior y la línea que unía el origen con el vértice de 90° . Trazando un octógono circunscrito a dicha circunferencia obtenemos los límites de la rueda de lazo de ocho de este tramo de almizate. Para darle el

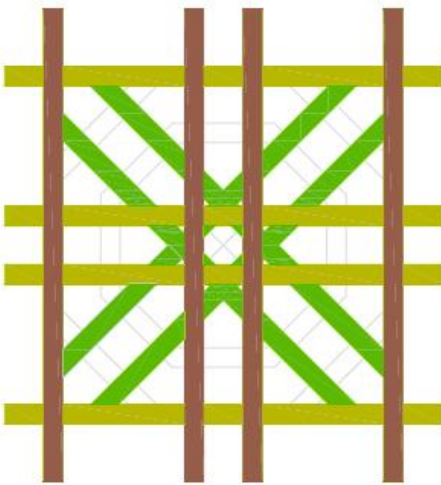


Figura 365. Pares, peinaos y piezas de relleno necesarias para realizar el trazado de la rueda.

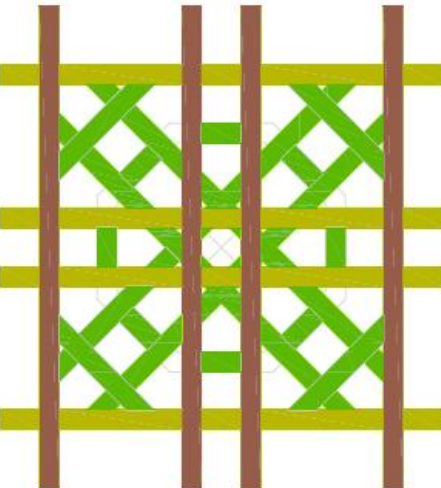


Figura 366. Piezas de relleno necesarias para realizar los azafates y candilejos de la rueda.

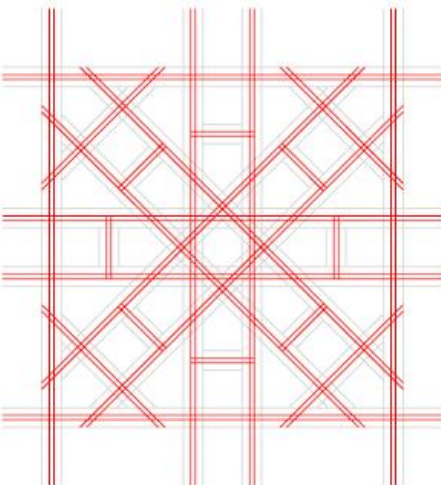


Figura 367. Figura 286. Gramiles practicados en las piezas que conforman la rueda.

espesor que requieren las piezas de relleno realizamos otro octógono exterior al anterior de modo que tenga el mismo espesor que el resto de las piezas que constituyen al almizate.²⁸⁴

En los siguientes dibujos mostramos las diferentes piezas que constituyen el entramado estructural del tramo tres del almizate de la Concepción de Caravaca. En color marrón oscuro representamos los pares, en amarillo los peinaos y en color verde las piezas de relleno necesarias para realizar el trazado de lacería (figuras 365 y 366). Por último mostramos la rueda de ocho del tramo tres del almizate con las ranuras practicada en su cara vista (gramiles), que sirven para acentuar el recorrido sin interrupción de las cintas, además de ser fundamentales a la hora de realizar los distintos cortes de las piezas como veremos a continuación (figura 367).

Ahora vamos a explicar el proceso de trazado de la rueda de lazo de ocho del tramo tres del almizate, para lo cual nada mejor que repetir gráficamente el manejo que el carpintero hacía de los cartabones. Como hemos comentado anteriormente la rueda de ocho de este tramo es muy similar a la del tramo uno, y como en ella para trazar la rueda son necesarios tres cartabones: el cuatro, el ocho y el ataperfiles denominado blanquillo.

Para comprender mejor la construcción de este trazado de lacería hemos distinguido los cartabones por colores, de modo que el del cuatro lo representamos de color rojo, el del ocho de color azul, y el blanquillo de color verde. Una vez obtenido los cartabones vamos a ver los distintos cortes que el carpintero precisaba dar a las piezas de madera para poder desarrollar esta compleja traza de

284 NUERE MATAUCO, E., *La carpintería de armar...*, p. 229.

lacería. Para trazar la rueda de ocho de este tramo del almizate basta saber trazar uno solo de sus brazos ya que para completar la rueda simplemente hay que repetir el proceso tantas veces como brazos tenga la rueda, sin más que efectuar previamente el correspondiente giro.

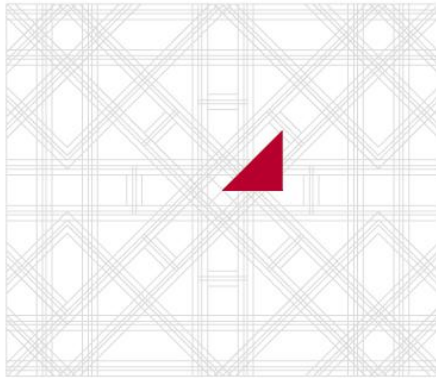


Figura 368. Desde el origen trazamos con la cola del cartabón del cuatro una recta que corte al peinazo interior.

Para ello lo primero que debemos obtener son las piezas que constituyen los brazos y a continuación sus aspillas, repitiendo el proceso en cada uno de los brazos. Una vez obtenido los brazos de la rueda falta completar la calle que se forma al unir dos módulos consecutivos, y la que se forma entre los peinazos exteriores y las penúltimas correas del faldón. Para ello explicaremos el trazado hasta los ejes del módulo, repitiéndose el proceso por simetría en el modulo adyacente.

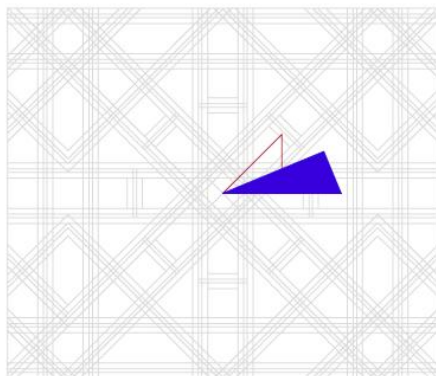


Figura 369. Desde el origen trazamos con la cola del cartabón del ocho una recta que corte al peinazo interior.

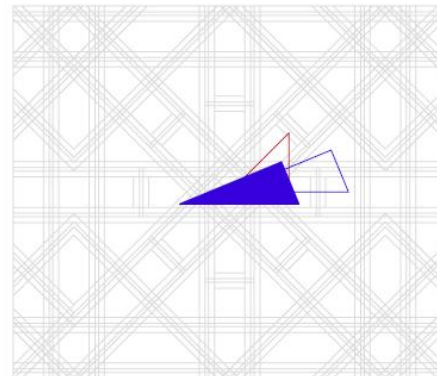


Figura 370. Desde la intersección del peinazo interior con uno de los brazos de la estrella de ocho, trazamos una recta con la cabeza del cartabón del ocho.

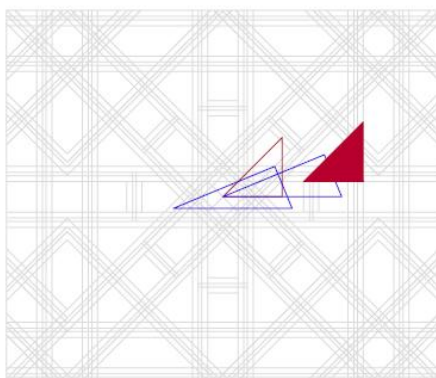


Figura 371. Desde la intersección de la pieza de relleno, que delimita el azafate de la estrella, con el peinazo interior trazamos una recta con la cola del cuatro.

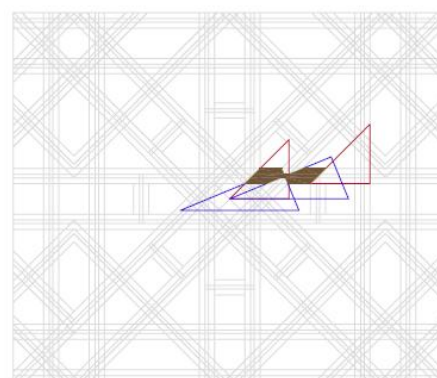


Figura 372. Con las anteriores operaciones ya estamos en disposición de trazar la primera pieza del brazo de la estrella, que mostramos en color marrón.

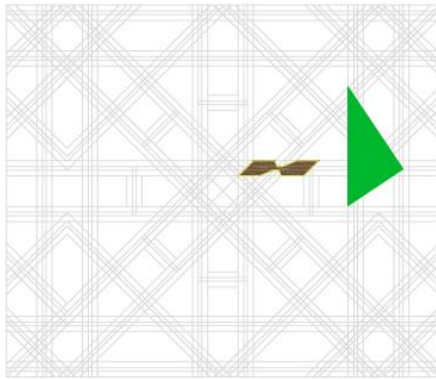


Figura 373. Desde la intersección del par y peinazo exteriores trazamos una recta con la cabeza del blanquillo hasta que corte al par exterior.

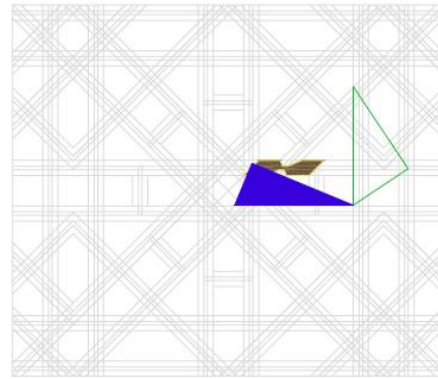


Figura 374. Desde la intersección del par y peinazo exteriores trazamos una recta con la cola del ocho hasta que corte a la pieza de relleno que delimita el azafate de la estrella.

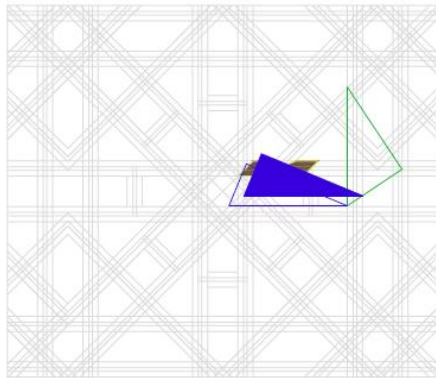


Figura 375. Volvemos a realizar la misma operación pero esta vez desde el punto obtenido en el paso de la figura 373.

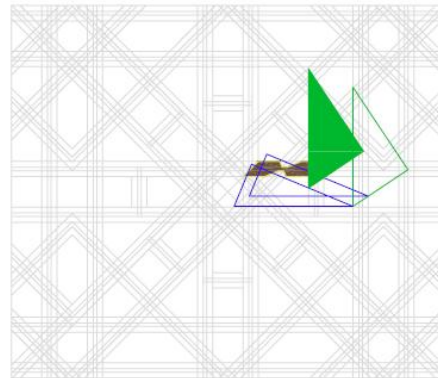


Figura 376. Unimos los dos puntos obtenidos anteriormente mediante la cabeza del blanquillo.

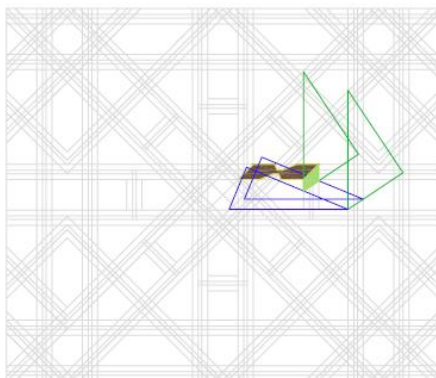


Figura 377. A continuación ya estamos en disposición de completar la segunda pieza del brazo de la estrella, que representamos en color verde claro.

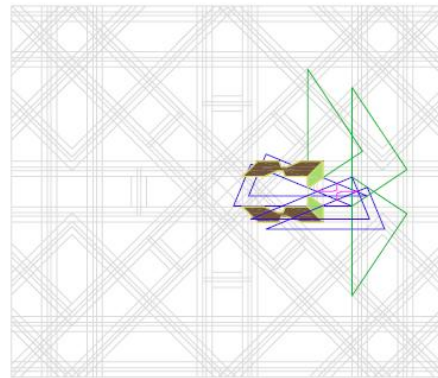


Figura 378. Por simetría en el otro lado del brazo, obtenemos las mismas piezas. Además estamos en disposición de obtener las piezas de la aspillá, para lo cual simplemente debemos realizar los cortes señalados en rosa en la intersección entre ambas piezas. Para ello nos ayudamos del cruce de los gramiles

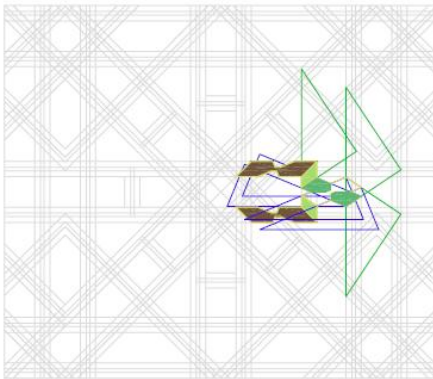


Figura 379. En verde mostramos dos de las piezas que conforman uno de los brazos de la espilla.

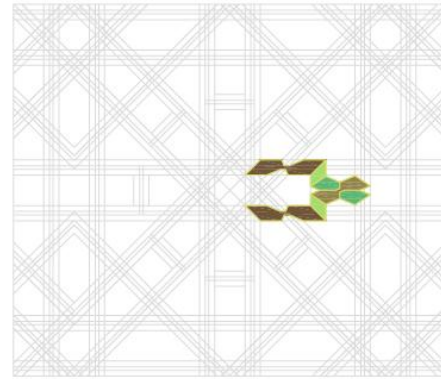


Figura 380. En esta imagen mostramos como queda la espilla completa, así como uno de los brazos de la estrella de ocho que constituyen la rueda de ocho de este tramo.

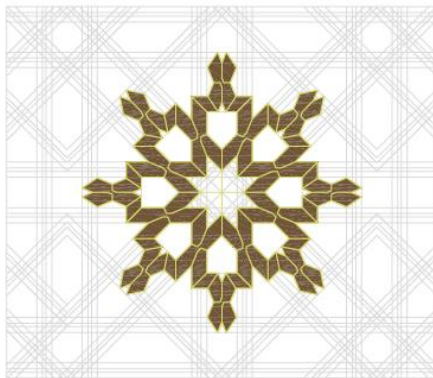


Figura 381. A continuación realizamos las mismas operaciones en cada uno de los brazos de la estrella. En esta figura se pueden apreciar la forma de los azafates de esta rueda.

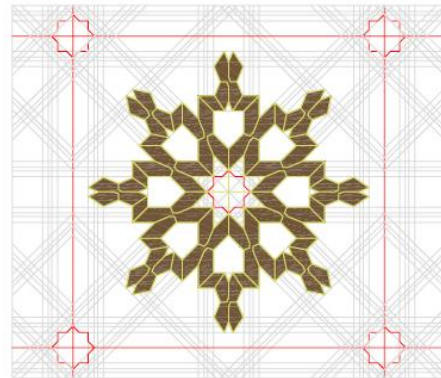


Figura 382. Para comprender mejor el desarrollo de la rueda vamos a indicar los ejes que conforman este módulo, así como las estrellas que servirán para completar posteriormente el trazado.

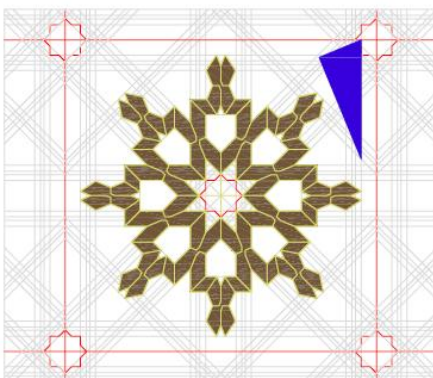


Figura 383. Desde la intersección "superior" del par exterior y la pieza de relleno, trazamos una recta con la cola del ocho hasta que corte de nuevo al par.

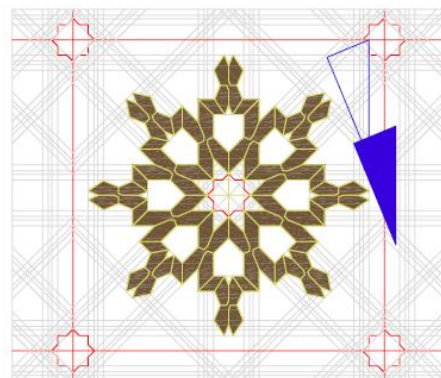


Figura 384. A continuación realizamos la misma operación desde la intersección "inferior", pero esta vez con la cabeza del ocho.

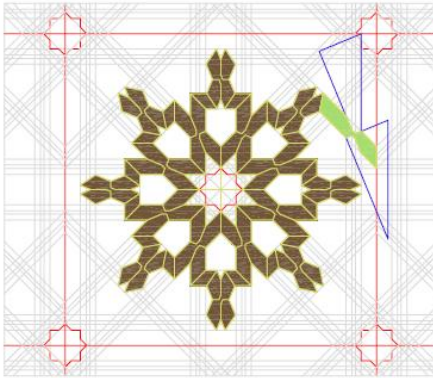


Figura 385. Con los cortes anteriores y con el cruce de los gramiles ya estamos en disposición de completar una nueva pieza de la rueda de ocho, que representamos en color verde claro.

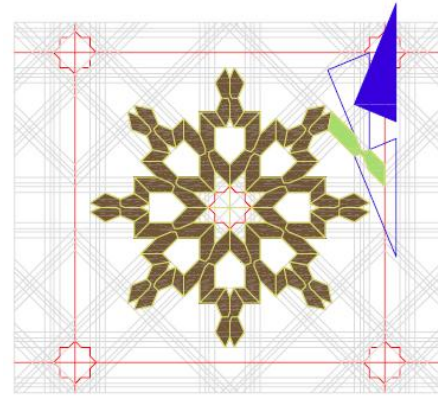


Figura 386. Desde la intersección del par exterior y la prolongación de la pieza de relleno que conforma uno de los brazos de la estrella, trazamos una recta con la cabeza del ocho.

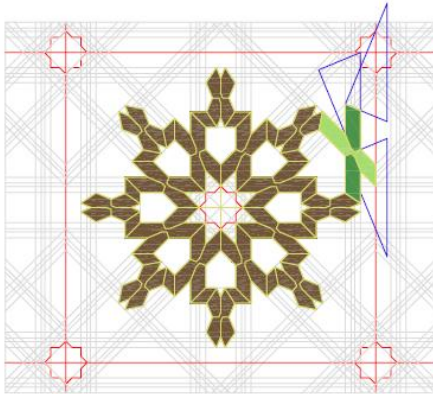


Figura 387. Estamos en disposición de completar la pieza que completa uno de los ocho candilejos que conforman la rueda de ocho. Dicha pieza la representamos en color verde oscuro.

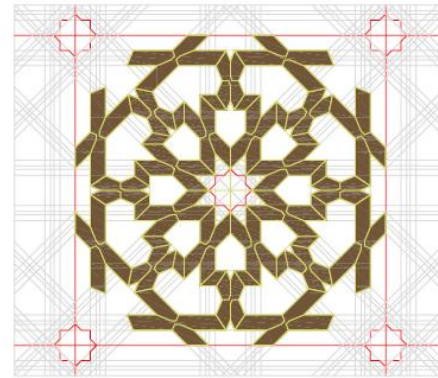


Figura 388. Realizando la misma operación entre cada dos brazos consecutivos obtenemos el resto de candilejos de la rueda. La figura obtenida constituye la rueda de ocho de este tramo del almizate.

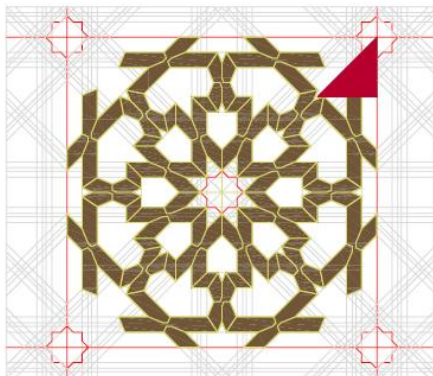


Figura 389. Falta para completar el trazado, obtener las piezas que constituyen las "calles" de la rueda. Para ello trazamos con la cola del cuatro una recta desde el origen de la estrella de ocho de una de las calles, hasta que corte al peinazo exterior.

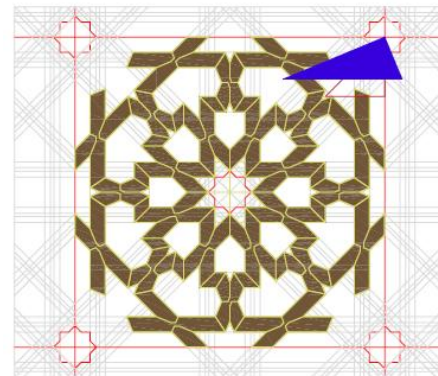


Figura 390. Desde el origen de dicha estrella trazamos una recta con la cola del ocho hasta que vuelva a cortar al peinazo exterior.

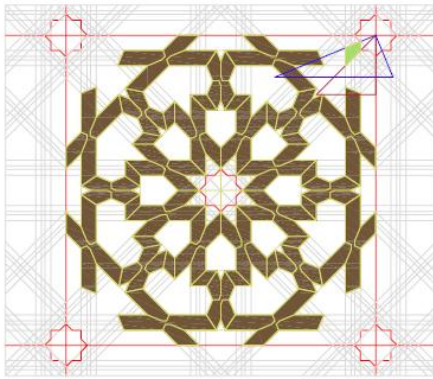


Figura 391. Estamos en disposición de obtener una de las piezas que conforman la estrella de ocho de una de las calles, y que representamos en verde claro.

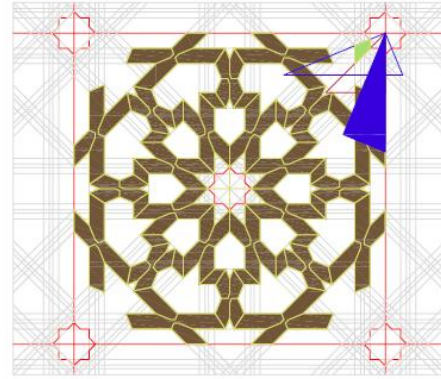


Figura 392. Desde el origen de la estrella trazamos con la cola del ocho una recta, con la precaución de girar el cartabón 90°, hasta que corte al peinado exterior.

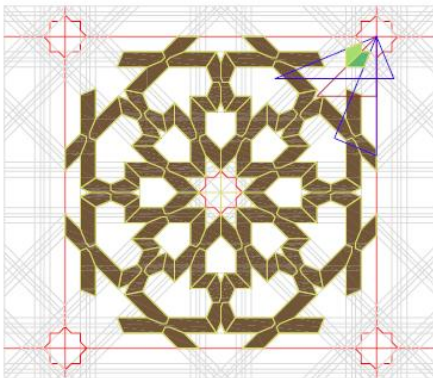


Figura 393. De este modo obtenemos la segunda pieza de la estrella, representada en color verde oscuro.

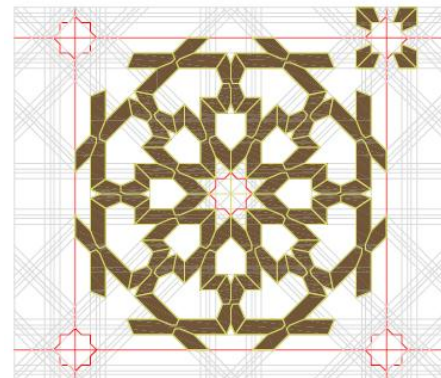


Figura 394. A continuación realizamos la misma operación en cuatro de los vértices de la estrella, como se muestra en la figura.

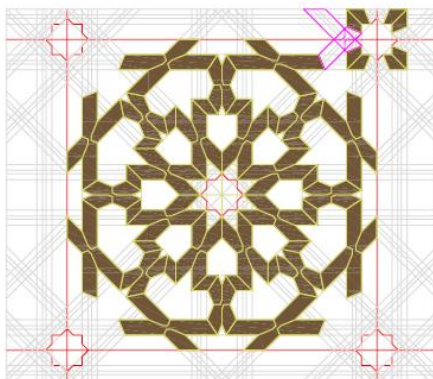


Figura 395. Sólo falta resolver el vértice que une la estrella con una de las piezas del candilejo. Para ello se resuelve la intersección apoyándonos en el cruce de los gramiles dando los cortes que se muestran en la figura.

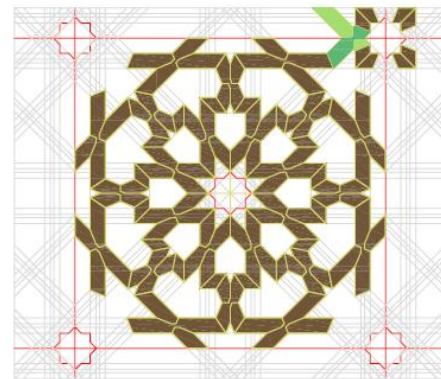


Figura 396. Aquí podemos apreciar de forma más clara la configuración de las piezas que unen el vértice de la estrella con las piezas del candilejo.

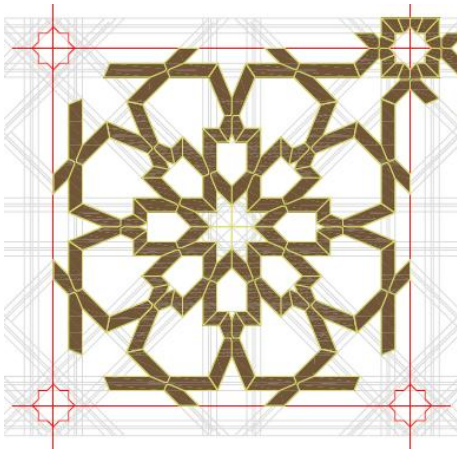


Figura 397. Realizamos la misma operación en cada uno de los tres vértices de la estrella que faltan para completar su trazado

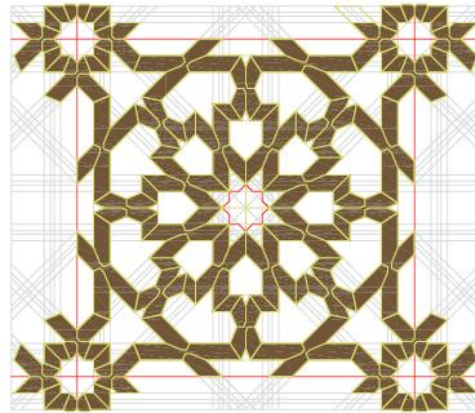


Figura 398. Las mismas operaciones que hemos realizado para trazar la estrella anterior, las volvemos a hacer en las tres estrellas restantes, obteniendo la práctica totalidad del trazado.

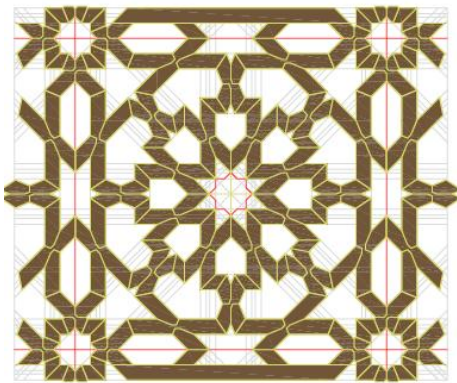


Figura 399. Sólo falta para completar el trazado del módulo, materializar las piezas que constituyen las calles del módulo. Dichas piezas se obtienen por simetría con relación al eje que separa los distintos módulos. Comentar como ya dijimos antes que la continuidad de las piezas dispuestas sobre los peñazos exteriores se básicamente a simplificar el trabajo del carpintero, ya que son zonas poco "visibles".

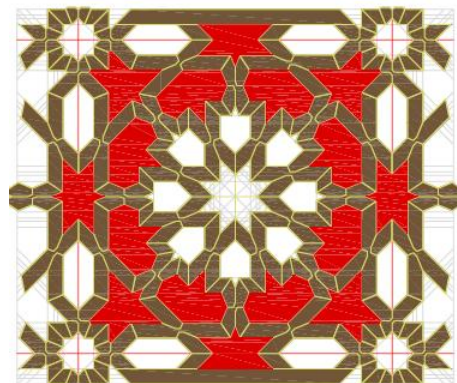


Figura 400. Aspecto final del módulo del tramo tres del almizate de la nave central de la Concepción tras representar las tablas que cubren los candilejos de la rueda de ocho.

8. ANÁLISIS DE DETERIOROS EN EL ARTESONADO DE LA IGLESIA PARROQUIAL DE LA CONCEPCIÓN DE CARAVACA DE LA CRUZ.



Figura 400. Prótesis de una de las correas del faldón Sur de la Concepción.



Figura 401. Cámara de aire entre el trasdós de las piezas del artesonado y las tejas de la cubierta.



Figura 402. Deterioro en una de las chillas motivado por movimientos reológicos.

Una vez analizada el artesonado de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz desde el punto de vista constructivo debemos hacer una necesaria referencia a su actual estado de conservación, intentando dar respuesta a los motivos que la han llevado a la situación en la que se encuentra actualmente.

En general el artesonado mudéjar que cubre la nave central de la Concepción de Caravaca de la Cruz, se encuentra desde el punto de vista estructural bastante bien, no sufriendo peligro de hundimiento, ya que durante toda su vida ha sido objeto de numerosas operaciones de refuerzo que, con mayor o menor acierto, han hecho que permanezca en pie hasta nuestros días.

Queda constancia de ello en las dos correas del faldón Sur, que hasta la última intervención mostraban las prótesis metálicas empleadas para su conservación en una intervención efectuada en la década de los setenta del siglo anterior.

Otra medida muy importante para la conservación del artesonado de la Concepción de Caravaca fue la creación de una cámara de aire entre las piezas de madera del artesonado y los elementos de cubrición, en nuestro caso tejas árabes. Gracias a ello la madera ha podido secarse perfectamente en caso de filtraciones de agua, ventilándose perfectamente el trasdós del artesonado y evitando así uno de los motivos mayoritarios de destrucción en este tipo de construcciones.

Aunque desde el punto de vista estructural el artesonado de la Concepción no reviste ninguna gravedad, si que es



Figura 403. Andamios empleados para la restauración del artesonado de la Concepción.



Figura 404. Abertura de chillas vistas desde la cubierta, que constituían verdaderas fuentes de peligro para la correcta conservación del artesonado de la Concepción.

verdad que desde el punto de vista estético son bastantes las patologías detectadas en la madera que constituye el artesonado, siendo muy importante el tratamiento urgente de alguna de ellas, especialmente las derivadas del ataque de los agentes xilófagos, ya que en un futuro si que podría constituir daños irreversibles en la configuración del artesonado, y por tanto hacen aconsejable su análisis para posteriormente poder resolverlas de la mejor manera posible.

Así pues la fase de análisis de deterioros en una obra de restauración es de vital importancia ya que de su correcto estudio dependerá el posterior proceso de intervención. La primera medida adoptada para analizar el estado de conservación del artesonado mudéjar de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz fue contemplarlo desde la proximidad, para lo cual nos apoyamos en los andamos instalados en el interior de la iglesia y que cubrían toda la longitud de la nave central.

Tras haber analizado minuciosamente el conjunto del artesonado de la Concepción, estábamos en disposición de realizar el estudio de las patologías detectadas indicando el porcentaje de incidencia y el grado de afectación de cada una de las mismas.

Las principales causas de patologías en el artesonado de la Concepción son las derivadas de la humedad, provocadas fundamentalmente por filtraciones de aguas desde la cubierta. También son frecuentes los defectos provocados por los movimientos que ha sufrido la estructura a lo largo de su vida, así como las patologías provocadas por los agentes xilófagos.

A continuación vamos a analizar las principales causas de deterioro del artesonado de la iglesia parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz, mostrando mediante fotos su incidencia en las piezas constituyentes del artesonado de la iglesia.

8.1. PATOLOGÍAS DEBIDAS A LA HUMEDAD.



Figura 405. Madera afectada por la humedad. Se trata de la correa situada sobre el muro de apoyo de la fachada Sur.



Figura 406. Artesonado visto desde el interior de la nave. En esta figura podemos apreciar las chillas que faltan y que por tanto deben ser sustituidas por otras nuevas.



Figura 407. Patologías apreciadas en la sobrecubierta de la Concepción, donde falta una sección de madera correspondiente a una chilla.

La humedad, no solo causa la hinchazón de la madera originando cambios dimensionales, de importantes consecuencia negativas para la estabilidad de una estructura de madera, sino que también es un factor indispensable para el ataque de la mayoría de los agentes xilófagos.

Es por tanto uno de los principales agentes destructores de la madera, y en consecuencia un agente muy dañino para los artesonados de madera como el de la Concepción de Caravaca que además se encuentra formando parte de la cubierta de la iglesia.

En la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz, las filtraciones de agua generalizadas desde la cubierta de la nave sobre el conjunto del artesonado interior, con el consiguiente arrastre de materias orgánicas y el depósito de las mismas en las piezas que constituyen el artesonado, han favorecido la aparición de unas grandes manchas oscuras en la madera que afectan a la prácticamente totalidad del artesonado de la Concepción.

Estas filtraciones de agua se han visto favorecidas por el desprendimiento de un gran número de tejas que constituyen el material de cobertura de la iglesia, siendo sumamente fácil la entrada de agua en el interior de la nave, con el consiguiente “remojón” de las piezas de madera del artesonado. De todos modos hay que decir que gracias a la creación de la cámara de aire en todo el conjunto del artesonado, estos efectos no han sido tan destructivos como acostumbra a serlos en este tipo de estructuras de madera.

8.2. PATOLOGÍAS DEBIDAS A PROBLEMAS FÍSICOS EN LAS PIEZAS DE MADERA.

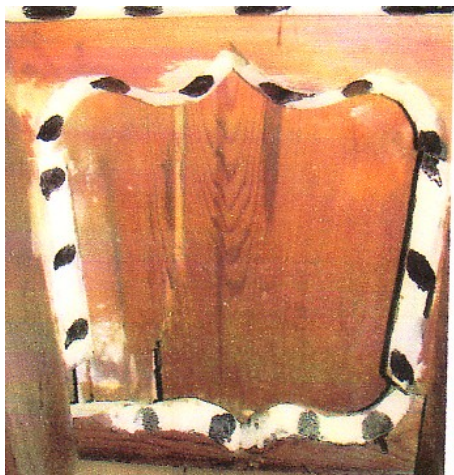


Figura 408. Fisura en una de las chillas del artesanado debido a movimiento reológico.

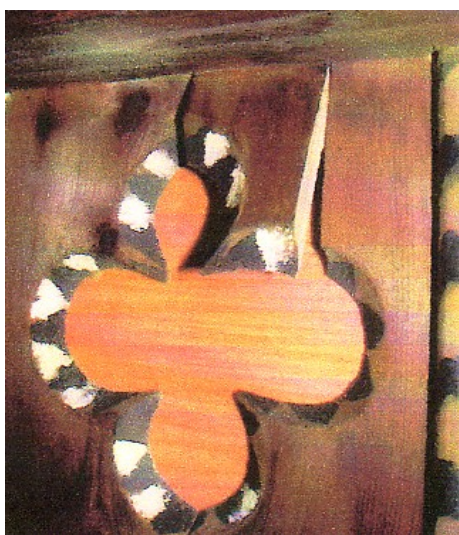


Figura 409. Fisura, esta vez en una de las cintas del artesanado, motivada por la inserción de clavos para fijar las chillas a los pares.



Figura 410. Problema físico en la zona del almizate debido a sobrecargas en el trasdós del artesanado.

Este tipo de patologías son las más extendidas en el artesanado de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz ya que tenemos numerosos ejemplos de ella. Las patologías debidas a problemas físicos de la madera no tienen porque provenir de la misma causa, ya que son muchas las causas físicas que pueden afectar al comportamiento de la madera.

En nuestro caso podemos diferenciar dos orígenes principales de alteración de la madera provocada por estas causas: las debidas a movimientos de contracción y dilatación propios de la naturaleza misma de la madera, y los debidos a movimiento de la madera provocadas por inserción de clavos desde la cubierta en anteriores intervenciones.

Ambas son igualmente perniciosas para el conjunto del artesanado, reflejándose mediante la aparición de multitud de grietas, así como en el desgarrado y reventado de las chillas que cubren superiormente el artesanado de la Concepción. En algunos casos las grietas han seccionado completamente determinados elementos del conjunto, de tal modo que se han producido desplazamientos entre las distintas piezas.

Otro motivo de patologías debido a problemas físicos de la madera se deriva de las sobrecargas que tienen lugar en el artesanado de la Concepción, siendo de mayor entidad en la zona del almizate. Estas sobrecargas se producen por la acumulación de depósitos de distinta índole en la zona superior del artesanado, ejerciendo una fuerte presión sobre las distintas piezas del artesanado que trae consigo la deformación y desplazamiento de determinadas zonas del conjunto del artesanado.



Figura 411. Desprendimiento de algunas de las piezas que sirven para trazar las ruedas de lazo del almizate de la Concepción.



Figura 412. Escombros sobre las tablas que sirven para crear la cámara de aire y sobre las que apoyan las tejas. Las filtraciones de estas partículas contribuyen a las sobrecargas del artesonado.

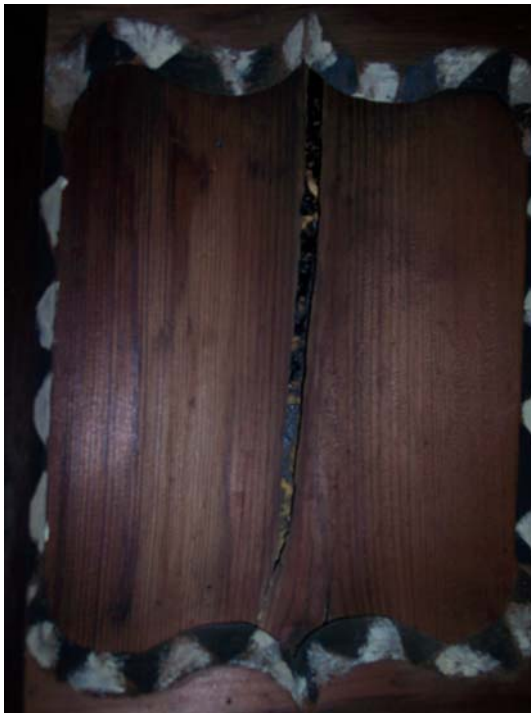


Figura 413. Fisura en otra de las chillas producidas por la inserción de clavos procedentes de la sobrecubierta.



Figura 414. Deterioros sufridos en las cintas y chillas de la Concepción visos desde el trasdós de la armadura.



Figura 415. Desprendimiento de algunos aliceres, así como nuevas grietas en las chillas del artesonado.



Figura 416. Otra imagen de desprendimiento de aliceres. En esta foto podemos ver una inscripción de alguna de las últimas intervenciones efectuadas en el artesonado de la Concepción.

8.3. PATOLOGÍAS DEBIDAS A ELEMENTOS BIOLÓGICOS.



Figura 417. Patología debida a la exudación de resina.



Figura 418. Madera afectada por los agentes xilófagos.



Figura 419. Larva encontrada en la sobrecubierta del artesonado de la Concepción.



Figura 420. Un operario muestra unas larvas encontradas en el artesonado.

Las patologías de la madera debidas a elementos biológicos, especialmente los derivados del ataque de xilófagos, son sin lugar a duda las más perjudiciales para la madera, haciendo perder a la madera en muchos casos, su resistencia física y mecánica con el consiguiente peligro de daños estructurales en el edificio.

En la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz podemos distinguir diferentes patologías debidas a elementos biológicos diferenciando así entre patologías debidas a la exudación de la resina, patologías motivadas por el ataque de los agentes xilófagos, patologías provocadas por los excrementos de aves y mamíferos voladores, patologías producidas por depósitos de defecaciones de insectos, y patologías debidas a la existencia de nidos de insectos.

En cuanto a las patologías debidas a la exudación de resina, son numerosas las piezas afectadas, tanto en los elementos estructurales como correas y determinados pares, como en los elementos que sirven para realizar los distintos trazados de lacería en cada unos de los tramos de la nave central. La exudación de resina como consecuencia de la abundancia de nudos resinosos en la madera de pino en que está realizado el conjunto del artesonado, ha provocado la aparición de manchas de gran intensidad como se muestra en la figura 417.

Por su naturaleza orgánica, la madera se encuentra sometida al riesgo de ataques de agentes xilófagos. Este riesgo aumenta cuando debido a una falta de conservación o a defectos constructivos, se originan humedades que afectan a la madera, favoreciendo el desarrollo de los agentes xilófagos. Este es el caso de la



Figura 421. Patologías en una de las caras laterales de una ménsula debida a excrementos de murciélagos.



Figura 422. Nido de avispas esfécidas en uno de los laterales de una ménsula de la Concepción.



Figura 423. Excrementos de murciélago en la punta de uno de los mocárabes del tramo uno del almizate.

Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca, en la las filtraciones de agua provenientes de la cubierta, han provocado un ataque de xilófagos generalizado en todo el conjunto del artesonado.

Según las observaciones que pudimos realizar se determinó que los orificios que presentaban las piezas de madera del artesonado correspondían a las especies *Anobium punctatum* y *cerambícidas*. Esta familia tiene un gran número de especies siendo la más conocida por su importancia el *Hylotrupes bajulus* o *Taladro del pino*, también conocida como Carcoma grande.

En líneas generales podemos decir que la infestación ha afectado por completo la estabilidad de la fibra del soporte, haciéndola perder su resistencia física y mecánica, y en las zonas de mayor incidencia ha llegado incluso a causar la pérdida total de madera.

En las siguientes figuras se observa que el ataque continua activo, habiéndose encontrado larvas y depósitos de serrín fresco en zonas de reciente desprendimiento (figuras 419 y 420).

Otra de las patologías motivadas por elementos biológicos se debe a la presencia de excrementos de aves y mamíferos voladores, especialmente murciélagos.

Estas patologías se presentan, en la mayoría de los casos, en las zonas correspondientes a las ménsulas sobre las que apoyan las correas del artesonado de la Concepción, y se pueden reconocer fácilmente observando las grandes manchas y fuerte decoloración que sufre la madera afectada por estos excrementos, debido a lo abrasivo del material (figura 421).

Los mocárabes de los tramos cero y uno del almizate de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz es otro de los principales focos de patologías del artesonado. Los dorados realizados con pan de oro fino que decoran los mocárabes se encuentran afectados por un gran número de depósitos de defecaciones de insectos, siendo su eliminación prácticamente imposible debido al volumen de las mismas (figura 423).

Igualmente hemos observado como en las caras laterales de determinadas ménsulas aparecen nidos de insectos, estando casi convencidos que provienen de avispas esfécidas. Estas patologías se muestran mediante la aparición de construcciones de barro adosadas a la estructura de madera del artesonado, como podemos apreciar claramente en la figura 422.

8.4. OTRAS PATOLOGÍAS PRESENTES EN EL ARTESONADO.

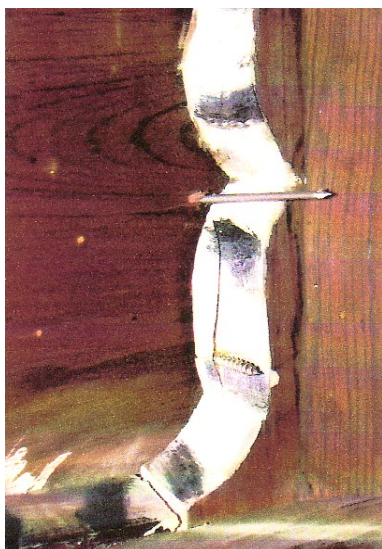


Figura 424. Patología en una de las chillas del artesonado motivada por la inserción de un clavo.

En este apartado vamos a englobar las diferentes patologías observadas que no obedecen a ningún origen común, teniendo cada una de ellas un origen totalmente independiente de las otras.

Así podemos señalar las numerosas pérdidas de soporte de madera, sobre todo en las zonas correspondientes a los faldones laterales de la nave central de la Concepción, teniendo una mayor influencia en las los saetinos, y también en las chillas, piezas estas últimas que sirven para cubrir superiormente el hueco dejado por las cintas y los saetinos, como podemos observar en las figuras 422 y 423.



Figura 425. Pérdida del soporte de madera en una de las chillas del artesonado de la Concepción.

En lo relativo a patologías en el artesonado de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz vamos a acabar mencionando aquellas provocadas por antiguas intervenciones efectuadas en el artesonado. Las más visibles son las derivadas de los refuerzos metálicos realizados en las dos primeras correas del faldón Sur de la nave central de la Concepción, cuya zona debido a la excesiva flexión de las vigas se encuentra rehundida respecto al resto del conjunto.

Igualmente son numerosas las piezas desgarradas y agrietadas por la inserción de numerosos clavos por el trasdós del artesonado, procedentes de distintas intervenciones.

Es importante reseñar las inscripciones observadas en diferentes zonas del artesonado de la Concepción, creyendo que éstas pertenecen a una intervención efectuada en los años setenta del pasado siglo.

9. INTERVENCIONES REALIZADAS EN EL ARTESONADO DE LA IGLESIA PARROQUIAL DE LA CONCEPCIÓN DE CARAVACA DE LA CRUZ.



Figura 426. Operario amarrado a línea de vida para la realización de los trabajos en la cubierta.



Figura 427. Andamios tubulares con las plataformas de trabajo para la realización de los trabajos de restauración del artesonado.



Figura 428. Andamios tubulares dispuestos en el interior de las fachadas laterales de la Concepción.

Dado el precario estado en que se encontraba el artesonado de la iglesia parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz, era fundamental llevar a cabo una profunda restauración del mismo. En la intervención llevada a cabo, que ha sido financiada por la Diócesis de Cartagena, se pueden distinguir dos fases claramente diferenciables: por un lado la restauración de la capa protectora del artesonado, incluido su material de cobertura que en este caso se trata de una hermosa teja árabe, y la restauración del artesonado propiamente dicho.

Para su estudio, por tanto, dividiremos la intervención en dos fases, la relativa a las labores de protección exterior del artesonado, y la correspondiente al artesonado interior de la nave central de la iglesia parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz.

La actuación llevada a cabo en la Concepción de Caravaca ha pretendido reconocer la forma original que presentaba el edificio, realizando una valoración crítica del mismo, y por tanto la intervención ha considerado también el futuro uso de la iglesia, que deberá presentarse como un espacio religioso, y como tal, susceptible de usos culturales complementarios.

Con el fin de disponer de un conocimiento científico y objetivo del monumento, se han llevado a cabo una serie de estudios previos a la restauración que fueron realizados por diferentes especialistas. Dichos trabajos han consistido en la realización de un estudio histórico-arquitectónico, la ejecución de catas en la cubierta con

objeto de conocer el estado original de la misma, así como la caracterización de materiales, tanto de los elementos de madera que componen el entramado estructural del artesonado como de las policromías que en el artesonado figuran.

9.1. RESTAURACIÓN DE LA SOBRECUBIERTA.

El desarrollo de estos estudios previos ha proporcionado información detallada sobre la que establecer la metodología a seguir durante el proceso de actuación. La primera medida a adoptar a la hora de intervenir en el artesonado de la iglesia parroquial de la Concepción de Caravaca era resolver la sobrecubierta del artesonado, que dado su defectuoso estado, constituía una enorme fuente de patologías en el artesonado de la nave central de la iglesia.



Figura 429. Operario retirando las chillas que se encontraban en mal estado.



Figura 430. Operarios retirando las tablas dispuestas sobre los rastreles que constituían la cámara de aire del artesonado de la Concepción.



Figura 431. Detalle de cómo se disponían las tablas sobre los rastreles para conformar la cámara de aire.

La importancia de esta sobrecubierta es extraordinaria ya que sin ella el artesonado mudéjar de la Concepción de Caravaca difícilmente hubiera llegado hasta nuestros días. Para comprender mejor esto, vamos a explicar como estaba construida esta sobrecubierta, así como la función que ésta tiene y su repercusión en el artesonado del interior de la nave central.

La sobrecubierta de la Concepción de Caravaca estaba formada por unas tablas de pequeño espesor dispuestas sobre los rastreles de madera que apoyan en los pares. Dichas tablas se disponían paralelas al alero montando una encima de la otra desde la cumbrera a los aleros, clavándose con púas a su paso sobre los rastreles. Esta disposición de las tablas no corresponde a ningún capricho, sino que servía para una mejor colocación de las tejas árabes que constituían el material de cobertura de la iglesia parroquial de la Concepción de Caravaca.

De este modo, la cámara de aire que quedaba entre las piezas de madera del artesonado y las tablas que servían de apoyo al material de cobertura han permitido al artesonado de la Concepción una correcta ventilación y por consiguiente un secado más eficaz de todas piezas, ya que en este tipo de edificios, de tanta antigüedad, es muy frecuente el desprendimiento o rotura de determinadas tejas, que en caso de lluvias frecuentes constituía una enorme fuente de patologías, en especial en este tipo de estructuras.



Figura 432. Detalle de la disposición de las tejas árabes empleadas para la formación de las cubiertas de la Concepción.



Figura 433. Espacios abiertos dejados por las cintas y saetinos debido a la ausencia de chillas, visto desde el interior de la nave.

Por tanto, visto la enorme importancia que tiene el correcto funcionamiento de la sobrecubierta sobre el conjunto del artesonado interior, vamos a explicar la intervención llevada a cabo en la sobrecubierta de la iglesia parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz.

En primer lugar, dado el defectuoso estado de la sobrecubierta, se procedió a su total levantamiento, empezando por el material de cubrición, conservando todas aquellas tejas árabes originales que se encontraban en perfecto estado.

Una vez acopiadas en lugar seguro las tejas para su posterior empleo, se procedió al levantamiento de las tablas que servían de apoyo a las tejas, y los rastreles que presentaban un estado defectuoso, conservando todos aquellos rastreles que aún poseían todas sus propiedades intactas.

Tras esto sólo quedaba comprobar el estado de las chillas que deben cubrir el espacio comprendido entre cintas y entre éstas y los saetinos. Las chillas son tablas delgadas dispuestas en el sentido de la pendiente y que tiene la anchura suficiente para cubrir el espacio entre ejes de pares. Al igual que en el resto de materiales de la sobrecubierta, se optó por conservar todas aquellas que presentasen un correcto estado, sustituyendo las chillas defectuosas por otras nuevas.



Figura 434. Vista aérea de los trabajos realizados en la cubierta de la Concepción.

Todas estas operaciones debían hacerse en pequeños tramos ya que al ir descubriendo la sobrecubierta, el artesonado quedaba desprotegido frente a posibles lluvias. De modo que cada tramo que se iba descubriendo se protegía con una lona de plástico, evitando así cualquier tipo de intromisión de agua en el interior del artesonado de la nave central de la iglesia.



Figura 435. Operario aplicando el consolidante necesario a la madera que constituye el trasdós y la sobrecubierta de la Concepción.



Figura 436. Alineación de la cara superior de los rastreles con objeto de que se encuentren en el mismo plano horizontal.



Figura 437. Planchas de onduline dispuestas sobre los tableros hidrófugos que conforma la nueva cámara de aire del artesonado.

Una vez levantado un tramo de la sobrecubierta, se procedía a la colocación de las chillas nuevas, con la precaución de tratar, tanto a las chillas nuevas como a las originales, con un consolidante para la madera. En nuestro caso el consolidante empleado fue xylamon anticarcomas, consiguiendo con esto una protección más eficaz de la madera frente a posibles ataques de agentes xilófagos.

Colocadas todas las chillas del tramo descubierto, se procedió a la colocación de los nuevos rastreles, en caso de que no pudiesen aprovecharse los originales. Para ello una medida correcta a la hora de conseguir una pendiente uniforme es el empleo de hilos de manera que todas las caras superiores de los rastreles queden comprendidos en un mismo plano horizontal. Tras asegurar la alineidad de la pendiente, es el momento de colocar las tablas que deben servir de apoyo al material de cobertura. Pero en este caso, y para conseguir una mayor impermeabilidad del conjunto de la sobrecubierta, en lugar de colocar delgadas tablas como ocurría anteriormente, se optó por colocar tableros hidrófugos de mayor dimensión que las tablas originales. Estos tableros se apoyan sobre los rastreles y se clavan a su paso mediante grapas. Otra variante introducida a la hora de construir la nueva sobrecubierta es la disposición de planchas de onduline sobre los tableros hidrófugos, solapando unos diez centímetros unas sobre otras desde la cumbrera a los aleros.

Finalmente sobre las planchas de onduline se disponen las tejas árabes tomándolas con mortero de cemento. Para conservar en la medida de lo posible la apariencia original de la cubierta de la iglesia parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz, se emplean las tejas originales para formar las cobijas, mientras que las nuevas se emplean para formar los ríos. De este modo las piezas que quedan visibles son las originales de la iglesia de la Concepción. En la figura se puede observar perfectamente el proceso de ejecución de los trabajos en la sobrecubierta de la Concepción de Caravaca, faltando solamente la colocación de las tejas para concluir dicho tramo de la cubierta.

9.2. RESTAURACIÓN DEL ARTESONADO DE LA NAVE CENTRAL.

Una vez resuelta la sobrecubierta del artesonado de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz, se estaba en disposición de intervenir en el artesonado de la nave central. Antes de proceder a cualquier tipo de actuación fue necesario realizar un estudio histórico-arquitectónico del artesonado, reconociendo los materiales empleados, así como la forma de construir este tipo de estructuras, que no proliferan mucho en nuestra Región de Murcia.



Figura 438. Andamios tubulares empleados en la restauración del artesonado de la Concepción.

Las medidas a adoptar quedaron supeditadas al estudio del estado en que se encontraban cada una de las piezas de madera constituyentes del artesonado de la Concepción, así como al estado de las policromías que adornan todo el conjunto de la cubierta.

Tras esta evaluación se pudo redactar un plan de intervención diferenciando seis fases: una primera actuación encaminada a la limpieza general del artesonado, una segunda fase destinada a la desinsectación de la madera con objeto de prevenirla frente a posibles ataques xilófagos, la tercera fase esta basada en la consolidación de la madera que forma parte del conjunto del artesonado. La cuarta fase es la que comprende todos los trabajos de sustitución de piezas de madera, tanto del faldón como del almizate. La quinta fase es la que abarca todos los trabajos de restitución de policromías y dorados tanto de las piezas del faldón como de las del almizate. La última fase comprendería todas las labores de encerado del conjunto del artesonado de la iglesia parroquial de la Concepción.

9.2.1. LIMPIEZA GENERAL DEL ARTESONADO.



Figura 439. Restauradores realizando trabajos de limpieza sobre las plataformas de trabajo dispuestas para poder intervenir correctamente en el almizate de la Concepción.

La primera medida a la hora de intervenir en el artesonado de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz fue la de realizar una limpieza general de todo el conjunto del artesonado, que debido al paso de los años presentaba una gran acumulación de suciedad proveniente de distintos focos, siendo especialmente significativas la gran cantidad de polvo acumulada a lo largo de los años en todas las piezas de madera que constituyen el artesonado o las defecaciones de los insectos generalmente en los mocárabes de los tramos uno y tres del almizate.



Figura 440. Restaurador limpiando uno de los candilejos del tramo dos del almizate de la Concepción.



Figura 441. Restauradora aplicando hipoclorito sódico diluido en agua al 5% mediante fibra de vidrio sobre una de las correas del artesonado.



Figura 442. Restauradores limpiando los pares que conforman los faldones de la Concepción.

A la hora de limpiar el conjunto del artesonado distinguimos dos fases: la primera destinada a realizar una limpieza mecánica de toda la superficie del artesonado, y la segunda comprende una serie de catas que tienen como objetivo ver la reacción de la madera ante la acción de determinados productos para poder determinar el sistema a emplear en la limpieza total del artesonado.

Como hemos comentado la primera medida a adoptar es la limpieza mecánica de toda la superficie del artesonado por su intradós. La superficie del artesonado presentaba un estado de conservación bastante deficiente, teniendo que emplear para esta primera fase de limpieza brochas de pelo fino y aspirador de aire a presión con objeto de eliminar en su totalidad los restos de polvo, adheridos finos y cúmulos de suciedad en forma de depósitos superficiales que cubrían la practica totalidad del artesonado de la Concepción.

Esta primera fase se completó con una revisión general de cada una de las piezas que integran el artesonado de la nave central de la Concepción retirando manualmente los elementos disgregados existentes.

Una vez realizada la limpieza general de toda la superficie del artesonado, es el momento de llevar a cabo una serie de catas previas a la limpieza definitiva. Con el objetivo

de determinar el sistema a emplear para la limpieza de la madera constituyente de todo el artesonado, se realizan las catas, para lo cual siempre se comienza por aplicar los métodos más suaves. Hay que tener especial cuidado a la reacción que sufran los materiales ante la acción de estos productos, ya que no todos se comportan de idéntica forma.

La primera cata realizada ha sido la de frotar la superficie de la madera con fibra de vidrio, estando ésta impregnada en una solución acuosa a base de amoniaco, aguarrás y alcohol. Tras comprobar el resultado y decidir que no era la solución óptima, se procedió a realizar la segunda cata, esta vez frotando también con fibra de vidrio sobre la superficie de madera, pero variando la solución



Figura 443. Una de las zonas que presentaban mayor suciedad eran las ménsulas que sirven de apoyo a las correas.



Figura 444. Es importante aplicar la solución de manera circular intentando seguir la dirección de las agujas del reloj como vemos en esta figura. De esta manera se garantiza una mayor eficacia en la impregnación de la madera tratada.



Figura 445. Limpieza de los aliceres. Los aliceres son las tablas dispuestas entre los pares y que normalmente presentan una ligera inclinación.

acuosa, que esta vez estaba compuesta de hipoclorito sódico (lejía concentrada en polvo), diluida en agua al 5%.

Tras observar la reacción de la madera a este tratamiento se llegó a la conclusión de que este era el sistema óptimo para una correcta limpieza general del artesonado de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz.

Por tanto, tras las preceptivas catas necesarias para determinar el sistema a emplear en la limpieza del artesonado, se procedió a la limpieza química del intradós de todo el artesonado de la nave central de la Concepción.

Así pues el procedimiento consistió en aplicar mediante brocha de pelo suave la solución acuosa de hipoclorito sódico diluida en agua al 5%, estando el agua a una temperatura ambiental de unos 20º aproximadamente. Aquellas zonas que presentaban manchas provocadas por la humedad requirieron una mayor incidencia a la hora de frotar con la brocha.

Las zonas que requirieron más limpieza fueron aquellas que presentan su superficie irregular, como las ménsulas que apoyan sobre los arcos, así como las distintas piezas que constituyen los trazados de lacería de cada uno de los almizates de la nave central, que al quedar rehundidas o llevar los gramiles en su cara inferior, son muy dados a que se deposite en ellos el polvo y las defecaciones de los insectos.

Una vez terminada toda la limpieza del artesonado estaremos en disposición de realizar la segunda fase de la restauración, consistente en la desinsectación de todos los elementos de madera del artesonado.

9.2.2. DESINSECTACIÓN DE LA MADERA.

Esta segunda fase de la restauración del artesonado de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz tiene como objetivo el tratamiento curativo in situ de la superficie de la madera contra los xilófagos, ya sean estos hongos de pudrición o cerambícidos.



Figura 446. Restaurador equipado con mascarilla y traje hermético necesario para la aplicación del fungicida sobre la madera del intradós del artesonado.



Figura 447. La aplicación del Corpól se realiza con brocha dándole sucesivas capas a la madera con objeto de asegurarnos una correcta desinsectación de la madera.



Figura 448. Restauradores aplicando el Corpól en las distintas piezas de madera que constituyen el faldón Sur del artesonado.

Como hemos visto en el capítulo 8, la madera del artesonado de la Concepción presenta una serie de patologías producidas fundamentalmente por la humedad existente en las piezas de madera debido a la rotura de alguna teja o a la desintegración de las chillas que cubren el artesonado.

Para tratar de curar la madera de un modo rápido y muy eficaz, se ha empleado este tratamiento consistente en la aplicación de un fungicida endurecedor incoloro. Existe una amplia gama de productos en el mercado pero en el caso de nuestra iglesia el producto empleado ha sido el Corpól Matarcoma.

Para la aplicación del Corpól Matarcoma es necesario emplear brocha o pincel de modo que se impregne con el fungicida toda la superficie del artesonado, asegurándonos de que se apliquen varias manos sucesivas sobre la capa anterior aún fresca. Para conseguir una correcta aplicación del Corpól es necesario aplicarlo con un rendimiento no menor de 0,20 l/m², ya que si no la capa dada anteriormente puede secarse por completo incidiendo negativamente en la desinsectación de la madera.²⁸⁵

El tratamiento se aplicará en el intradós del artesonado, y debemos tener la precaución de no aplicar este fungicida en caso de que la madera presente un grado de humedad

²⁸⁵ www.quimunsa.com



Figura 449. Restauradora tratando una de las correas del artesonado, equipada con la correspondiente mascarilla

superior al 15%, ya que se reduciría de manera considerable los efectos del Corpól.

Dada la toxicidad de este producto es necesario extremar las precauciones a la hora de su utilización, tanto en los operarios que directamente trabajan en su aplicación como en las zonas próximas de la obra, de modo que ningún operario se vea inmerso en ninguna situación peligrosa para su salud.

Es por ello que es obligatorio que todos los operarios que se dedican a la aplicación del Corpól deben protegerse con mascarillas apropiadas, así como ir equipados de trajes herméticos que impiden el contacto del fungicida con cualquier parte de su cuerpo.



Figura 450. Corpól Matarcarcomas. Este es el fungicida empleado en la desinsectación de la madera del artesonado de la Concepción.

Además deberán estar perfectamente acotadas las zonas dentro de la obra de modo que no se permita a los operarios que estén realizando funciones distintas a las de la aplicación del Corpól, pasar por las cercanías, evitando en la medida de lo posible cualquier situación que pueda entrañar algo de peligro para su salud. Este apartado lo veremos con mayor profundidad en el capítulo 10.

9.2.3. CONSOLIDACIÓN DE LA MADERA.

Tras aplicar el Corpol Matacarcomas en toda la superficie del artesonado, la siguiente medida a adoptar en la restauración del artesonado de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz es la de consolidar todos los elementos de madera de la nave central.

El proceso de consolidación consiste en devolver la cohesión interna a la madera, especialmente a aquella que se encuentre carcomida por los xilófagos. La consolidación se realiza con numerosas sustancias que pueden ser por una parte resinas o polímeros sintéticos, con unas determinadas características de adhesión/peso molecular disueltas en un disolvente con determinado grado de evaporación, o por el contrario pueden ser determinados tipos de ceras o compuestos químicos enfocados a rellenar los huecos vacíos causados por la pérdida de material y aportar consistencia al objeto.²⁸⁶

Esta fase de la actuación es de vital importancia, y consiste en la consolidación en profundidad de la madera, para lo cual se aplica el copolímero B-72, es decir, un barniz termoplástico adhesivo basado en soluciones de metacrilatos.



Figura 451. Aspecto del Paraloid B-72 empleado como consolidante en el artesonado de la Concepción.

En nuestro caso hemos empleado Paraloid B-72, un copolímero acrílico de los metacrilatos de metilo y etilo disuelto en tolueno. Además la dosis necesaria para realizar la mezcla ha de ser de 20 gramos de Paraloid por cada litro de tolueno. El tratamiento se aplica con brocha mediante impregnaciones sucesivas fluidas con el disolvente.

El uso inadecuado de resinas químicas o disolventes pueden convertir una consolidación en profundidad en un simple barnizado, y una consolidación en superficie en profunda, los agentes por precipitación química pueden crear costras o eflorescencias en superficie debido a las migraciones que puede sufrir el disolvente si no se controlan las condiciones de aplicación, causando graves daños ya que algunos de estas sustancias como los silicatos son prácticamente insolubles y de una dureza extraordinaria.

²⁸⁶ www.usuarios.lycos.es/arqueo/conserva_restaura/tecnicas.htm

9.2.4. REINTEGRACIÓN VOLUMÉTRICA DE LAS PIEZAS DE MADERA.

Esta fase es una de las más importantes ya que de su correcta ejecución dependerá gran parte de la belleza estética del conjunto del artesonado. La reintegración volumétrica de las piezas de madera del artesonado de la Concepción tiene como finalidad reconstruir todas aquellas zonas en las que las piezas se han desprendido o se encuentran muy deterioradas, agrietadas o incompletas, debido al efecto del paso del tiempo, fundamentalmente por los efectos nocivos de la humedad y el ataque de los agentes xilófagos, consiguiendo de este modo una mayor unidad formal, estética y estructural al conjunto tratado.



Figura 452. Pérdida de volumen en una de las calles del artesonado. En este caso concreto podemos apreciar el deterioro tanto de las chillas como de las cintas y saetinos que configuran dicha calle.

Debido al orden de los trabajos de restauración del artesonado de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz, en el que primero se intervino en la sobrecubierta para después proseguir con la restauración del artesonado desde el interior, los trabajos de sustitución de piezas debieron realizarse por la superficie vista del artesonado, es decir por su intradós, sustituyendo todas las piezas que presentaban una pérdida de volumen considerable y por tanto no era posible la consolidación de las piezas originales.

Todas las piezas de madera empleadas debían de tener las mismas características físicas y mecánicas que las originales de modo que se alterase lo mínimo posible la forma de trabajo y la belleza del conjunto del artesonado original.

A la hora de sustituir las piezas de madera del artesonado de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz, se realizó un estudio exhaustivo de todo el conjunto del artesonado, anotando el tipo de piezas y número de éstas que faltaban. De este modo distinguimos siete tipos de piezas diferentes, asignando a cada uno de ellas un color con objeto de localizar de manera más eficaz cada una de ellas.

Así pues podemos distinguir: los saetinos que en el plano aparecen en color rojo, los bordones en color amarillo, las cintas que se colocan a tope en los faldones de color verde, las cintas que se colocan separadas una cierta distancia en los faldones de color marrón, las cintas que discurren por los trazados de lacería de los almizates de color azul claro, las piezas que constituyen las arrocabas, y que se sitúan entre los pares cuando estos pasan sobre las correas, de color negro, y por último las chillas que se colocan sobre los pares para cerrar el conjunto del artesonado, que identificamos a rayas negras.

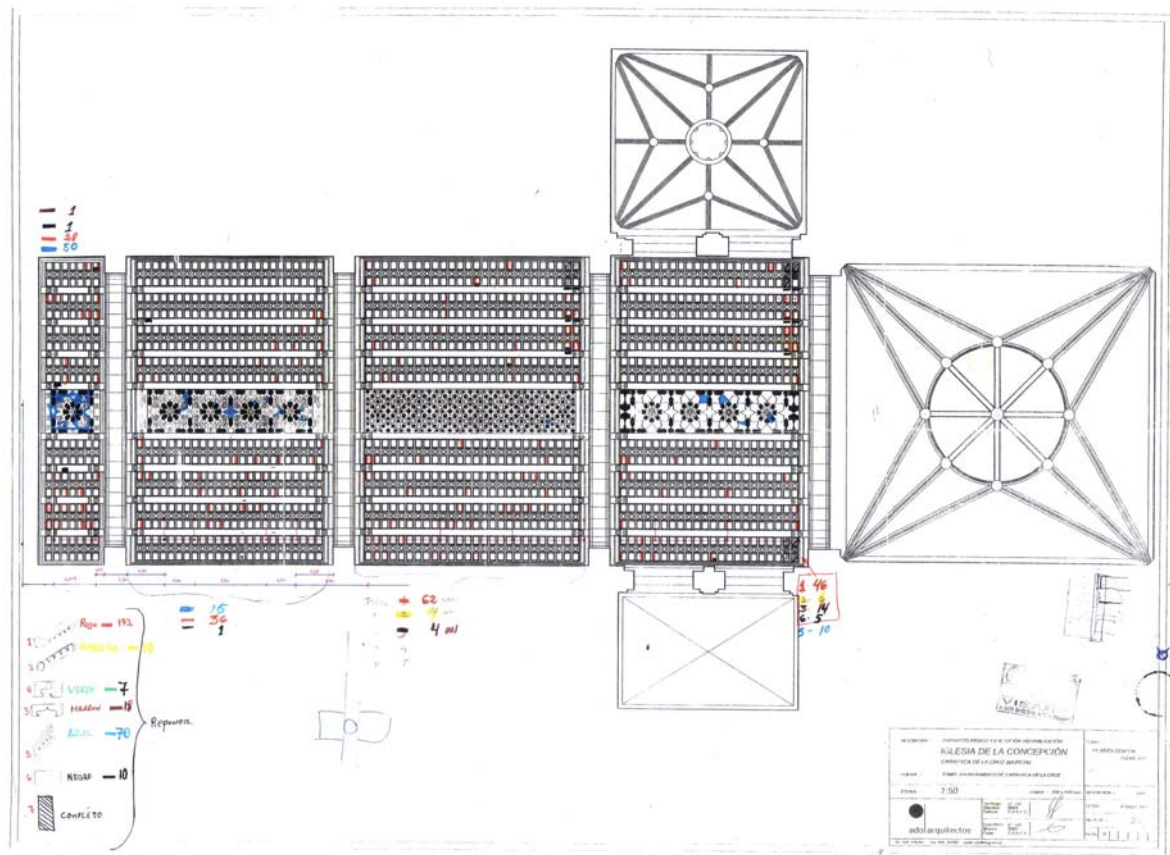


Figura 453. Plano del artesonado empleado por los restauradores para señalar las piezas deterioradas o que necesitasen ser sustituidas, indicándolas por colores, y señalando el número de reposiciones necesarias en cada uno de los tramos.

En cada uno de los cuatro tramos de la nave central del artesonado de la Concepción indicamos las piezas que faltan, señalando su posición en el artesonado, así como el número de piezas de cada tipo que faltan. Por último mostramos un esquema en el que dibujamos un croquis de cada una de las piezas, señalando el número total de piezas que debemos sustituir en el conjunto del artesonado.

Como se puede apreciar en el plano de la figura, las piezas que debían ser sustituidas en mayor número eran los saetinos, seguidos a una cierta distancia de las cintas del almizate, especialmente las que constituyen el tramo cero, es decir las que se sitúan sobre el coro de la Concepción.

Una vez comprobado todas las piezas que deben ser sustituidas en el artesonado de la Concepción de Caravaca, tomamos las medidas de las dimensiones de todas las piezas con objeto de encargar su prefabricación a la empresa especializada en estos trabajos. Tras recibir el pedido ya estábamos en disposición de colocar las piezas nuevas, teniendo la precaución de cortar

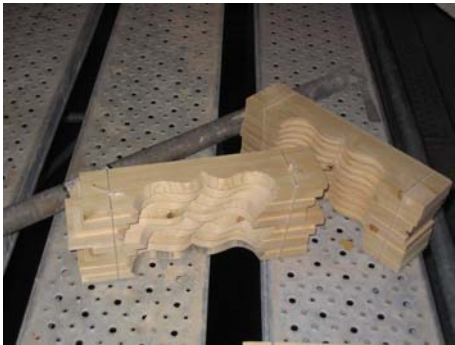


Figura 454. Piezas prefabricadas, en este caso se trata de las correspondientes a las cintas colocadas con una cierta separación entre sí para la posterior colocación de los saetinos.



Figura 455. Piezas prefabricadas, en este caso se trata de las cintas colocadas a tope entre sí.



Figura 456. Carpintero cortando los bordones para ajustarlos al espacio que precisan en el artesonado.

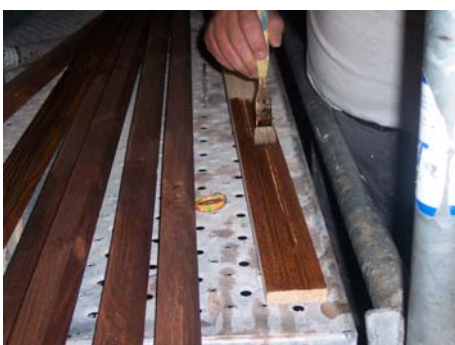


Figura 457. Restaurador barnizando las piezas que posteriormente se emplearán para configurar las cintas del trazado de los almizates.

algunas piezas, generalmente bordones, ya que no todas las piezas prefabricadas encajaban perfectamente en el hueco que debían ocupar.

Todos estos trabajos se realizaron sobre los andamios que cubrían toda la luz de la nave central de la iglesia, de modo que los carpinteros se llevaron allí todo su material, incluyendo todas las piezas a sustituir así como todos los materiales necesarios para poder realizar los trabajos: cortadora radial para recortar las piezas que lo requiriesen, formol, y pistola neumática para clavar las piezas al artesonado.

En un principio lo ideal hubiese sido la colocación de todas las piezas que debían sustituir a las originales para posteriormente ser tratadas con las policromías necesarias por los restauradores. Pero dada la incompatibilidad en la velocidad de ejecución de ambos trabajos, se determinó que mientras los carpinteros fuesen colocando las piezas del artesonado, los restauradores fuesen adelantando trabajo aplicando los barnices y policromías necesarias, de modo que se agilizaran los trabajos.

Primero se colocaron las piezas de los faldones laterales de la nave, donde la mayoría de piezas que faltaban correspondían a los saetinos, aunque también era muy frecuente la ausencia de cintas, especialmente de las que iban colocadas a tope entre sí. Todas las piezas de madera sustituidas debían de presentar las mismas características que las originales procurando que estuviesen bien curadas. La forma de adhesión de estas piezas nuevas al conjunto del artesonado se realizó mediante pistola neumática, de modo que quedase perfectamente asegurada la pieza al soporte dándole los puntos de anclaje necesarios para ello en cada una de las piezas.

A continuación vamos a mostrar una secuencia gráfica de las operaciones necesarias para realizar la sustitución de las piezas deterioradas en los dos faldones de la nave central. Para ello mostraremos primero una serie de piezas deterioradas, y a continuación detallaremos cada uno de los pasos dado por los carpinteros desde el corte de estas piezas en la radial hasta su colocación en la zona del faldón requerido.



Figura 458. Saetino fuera de su lugar natural y a punto de caer, por lo que necesariamente será necesario consolidarlo.



Figura 459. Detalle de la pérdida de un saetino en una de las calles del artesonado. En segundo plano podemos apreciar la colocación de un saetino "nuevo".



Figura 460. Deterioro de una de las cintas colocadas a tope.



Figura 461. Pérdida de volumen en otra de las cintas que van colocadas a tope.



Figura 462. Pérdida de volumen en una de las chillas que cubren el hueco dejado entre las cintas y los saetinos.



Figura 463. Saetinos dispuestos sobre las plataformas de trabajo que han sido retirados dada la imposibilidad de consolidarlos.



Figura 464. El primer paso que hay que dar a la hora de reintegrar volumétricamente las piezas deterioradas es cortar cada una de las piezas nuevas con la dimensión que han de ocupar en el artesanado. En este caso vamos a ver el proceso de colocación de uno de los saetinos del artesanado de la Concepción.



Figura 465. A continuación se han de ajustar manualmente las piezas al espacio correspondiente. Para ello es importante la pericia del carpintero ya que en determinados casos la pieza "baila" y es realmente complicado replantear correctamente la pieza.



Figura 466. Para asegurarnos una correcta colocación de la pieza se ha de dar unos pequeños golpes de martillo fijando la posición definitiva de la pieza.



Figura 467. Una vez que tenemos la pieza fijado sólo queda anclarla al artesanado para lo cual se emplea una pistola neumática dando los "pistoletazos" necesarios en función de la pieza en cuestión.



Figura 468. Detalle de la reintegración del satino. En él podemos apreciar los puntos de anclaje situados cerca de los extremos de la pieza. Para efectuar el anclaje el carpintero ha efectuado el taladro a 45°, clavando la pieza, siempre que sea posible, a los rastreles de madera que se sitúan sobre los pares de los faldones.

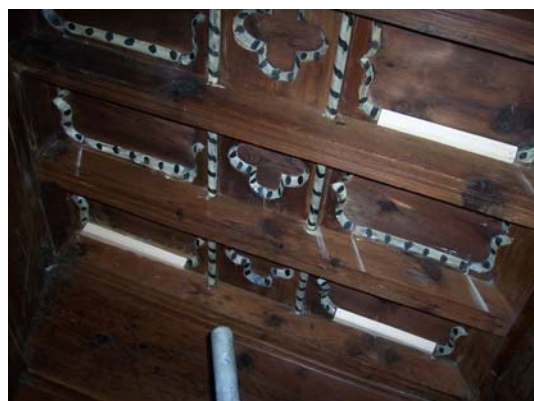


Figura 469. Vista de varios de los saetinos sustituidos dada la imposibilidad de recuperar los originales. Solamente falta que los restauradores le apliquen los barnices y policromías correspondientes de modo que las piezas se integren "estéticamente" al conjunto del artesanado.



Figura 470. Ahora vamos a ver el proceso de colocación de una de las cintas del artesanado de la Concepción. Como hemos visto a la hora de colocar los saetinos, el primer paso que hay que dar para colocar las cintas es cortarlas con la sierra circular, de modo que se ajusten al lugar que han de ocupar.



Figura 471. Tras cortarlas hay que colocarlas manualmente en el espacio correspondiente.



Figura 472. A continuación se ha de ajustar la pieza mediante pequeños golpes de martillo, asegurándonos de que se realiza correctamente la discontinuidad entre la pieza nueva y la original.



Figura 473. Como ya hemos comentado hay casos en los que las piezas "bailan", por lo que en estos casos será necesario dar otros pequeños golpes de martillo pero en otra dirección.



Figura 474. Detalle de la reintegración de una de las cintas nuevas. Aquí se puede apreciar la perfecta continuidad entre la pieza original y la nueva. Sólo queda que los restauradores le apliquen los correspondientes barnices y policromías.



Figura 475. Detalle de la pistola neumática empleada para la reintegración de todas las piezas nuevas que forman parte del artesanado de la Concepción.



Figura 476. Pérdida de volumen de una gran parte de las piezas que constituían el tramo 0 del almizate de la Concepción.



Figura 477. Pérdida de las piezas que constituyen el trazado de lacería que decoran el almizate del tramo 0.



Figura 478. Cintas que se emplearon para reintegrar los trazados de lacería de los distintos tramos del almizate de la Concepción. Se puede apreciar como quedan las cintas tras ser tratadas por los restauradores.

Una vez colocadas todas las piezas nuevas de los faldones laterales de la nave, comenzaron las operaciones de sustitución de todas aquellas piezas del almizate que así lo requerían. Las piezas que presentaban un grado de deterioro mayor eran las que constituían el tramo cero del almizate, es decir el tramo correspondiente al coro de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz.

Las piezas sustituidas en este tramo eran principalmente las cintas que discurren sin fin a lo largo del almizate de la nave central, y las pequeñas tablas de madera que constituyen los candilejos y azafates de la rueda de ocho.

Al igual que hicimos para sustituir las piezas de los faldones, en primer lugar medimos los metros lineales de cintas que debían de sustituirse, con objeto de realizar el pedido a la empresa restauradora. Una vez recibido el pedido ya estábamos en disposición de realizar las operaciones de sustitución de piezas tomando la precaución de cortar las cintas con los ángulos de cortes óptimos, igual que hiciesen en su día los carpinteros del siglo XVIII cuando configuraron las diferentes ruedas del almizate mediante la única ayuda de los cartabones de lazo.

Para asegurarnos de que los cortes dados eran los correctos, dibujábamos en la cara no vista de la pieza la silueta de la pieza simétrica que íbamos a sustituir de modo que fuese más simple su corte mediante la radial.

De este modo completábamos la totalidad de la rueda de lazo. A continuación vamos a mostrar una secuencia gráfica de cada una de las operaciones necesarias para la sustitución de estas piezas desde su corte en la radial a su colocación en la zona del almizate que le corresponda.

En primer lugar vamos a ver las operaciones necesarias para colocar las tablas que conforman los candilejos del tramo 0 y 1 del almizate de la Concepción. A continuación realizaremos lo mismo pero con las cintas necesarias para la realización de estos trazados.



Figura 479. En primer lugar se ha de dibujar sobre los tableros la silueta que tiene la pieza que se va a colocar, para después cortarla con la sierra circular.



Figura 480. A continuación se ajustan los bordes de la pieza con objeto de que encaje perfectamente en su lugar correspondiente.



Figura 481. Manualmente se ha de ajustar la pieza en su lugar. En esta imagen se observa un error que tuvieron que subsanar los carpinteros ya que colocaron una de las tablas en uno de los azafates de la rueda, cuando en este tramo los azafates no presentan tablas.



Figura 482. Aquí se puede apreciar las distintas tablas que se emplean para conformar los candilejos de la rueda de lazo de los tramos 0 y 1 del almizate de la Concepción.



Figura 483. Las tablas se ajustan al artesonado mediante pistola neumática. Para poder realizar estas operaciones es fundamental que tanto los pares, peinaos y piezas de relleno empleadas en la configuración del trazado de la rueda de lazo, presenten los laterales colindantes a las huecos decorados con las tablas rehundidos en forma de "L" invertida. De esta forma se permite que las tablas de madera decoradas que constituyen los candilejos se anclen a los elementos estructurales quedando a la misma altura que éstos, transcurriendo por encima de ellos únicamente las cintas.



Figura 484. Tramo correspondiente al almizate del coro (tramo 0). En ella se puede observar la gran cantidad de tablas que debieron ser reintegradas. También se puede observar de forma muy clara como se decoraban los pares, peinaos y piezas de relleno para continuar la decoración de las tablas que conforman los candilejos.



Figura 485. Cinta preparada por los restauradores con los barnices y policromías adecuadas, para ser cortada y colocada por los carpinteros. Como hemos comentado anteriormente esto no es lo aconsejable, realizándose este orden de los trabajos simplemente para agilizar los trabajos.



Figura 486. Una vez que la pieza ya está decorada, el carpintero debe cortarla con las dimensiones necesarias para ajustarla a su posición en el trazado. Dada la longitud de las cintas que venían prefabricadas, el primer paso consistía en cortar las cintas en tramos más cortos y así poder trabajarlas mejor.



Figura 487. Para asegurarnos de que los cortes dados eran los correctos, dibujábamos en la cara no vista de la pieza la silueta de la pieza simétrica que íbamos a sustituir de modo que fuese más simple su corte mediante la radial. Por el mismo procedimiento completábamos la totalidad las piezas necesarias para conformar la rueda de lazo de este tramo.



Figura 488. Una vez teníamos la silueta dibujada en el trasdós de la pieza, estábamos en disposición de cortarla con la sierra caladora.



Figura 489. Tras cortar la pieza perfectamente solo quedaba colocarla en su lugar correspondiente para lo cual se ajustaba con la pistola neumática. En la figura se observa la diferencia entre las piezas originales y la nueva que sirven para trazar el azafate de esta rueda.



Figura 490. Para estas piezas no es suficiente con anclarla en los extremos de la misma, sino que precisan de puntos de anclaje intermedios para asegurar correctamente la pieza.

9.2.5. REINTEGRACIÓN DE POLICROMÍAS Y DORADOS.

La reintegración de las policromías del artesanado de la Concepción tiene como finalidad recuperar la unidad estética original del conjunto, de manera que una vez que ya se habían reintegrado las piezas de madera del artesanado, se estaba en disposición de empezar con las reintegraciones de las policromías.



Figura 491. Piezas tintadas y policromadas listas para su colocación. Se trata de las cintas que van separadas una cierta distancia entre sí para colocar entre ellas los saetinos.



Figura 492. Los restauradores agilizaron en parte los trabajos tintando y aplicando las policromías adecuadas a las distintas piezas antes de ser cortadas y colocadas por los carpinteros.



Figura 493. Cintas tintadas que luego se colocarán a tope, quedando únicamente darle las policromías adecuadas.

Las reintegraciones de policromías del artesanado de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz, han sido realizadas con el fin de completar el espacio ausente debido al desprendimiento de las piezas de madera y por tanto sus correspondientes policromías, pero diferenciándolo perfectamente del original, empleando para ello la técnica del regatino, que más adelante explicaremos con mayor detenimiento.

A la hora de abordar la reintegración de las policromías del artesanado de la Concepción, se recurrió a materiales que fueran reversibles. La primera medida llevada a cabo con las piezas de madera nuevas que debían formar parte del artesanado de la Concepción fue la aplicación sobre su superficie de tintes al disolvente con objeto de obtener una tonalidad más acorde con el conjunto. Una vez que estas piezas adquirieron la tonalidad óptima, es cuando estábamos en disposición de aplicar las policromías sobre las mismas, empleando para ello lápices acuarelables tipo Gouache.

A la hora de reintegrar las policromías en el artesanado de la Concepción de Caravaca de la Cruz, había que tener especial atención en diferenciar perfectamente las piezas originales de las nuevas.

Para ello se empleó la técnica del regatino, consistente en tratar las superficies de las piezas de madera nuevas con líneas muy finas yuxtapuestas, de tal modo que forman un conjunto claramente diferenciables desde distancias cercanas, haciéndolas invisibles desde distancias



Figura 494. Restaurador aplicando la técnica del regatino a las distintas piezas que deben ser reintegradas en el artesanado de la Concepción.



Figura 495. Saetino reintegrado en el artesanado tras aplicarle las correspondientes policromías. En el se puede apreciar perfectamente la técnica del regatino.



Figura 496. Reintegración de cintas colocadas a tope, realizadas con la técnica del regatino.



Figura 497. Tres calles en las que distintas piezas han sido reintegradas con la técnica del regatino. La fila inferior empezando por la derecha precisa aún la reintegración volumétrica del saetino.

lejanas. De este modo cualquier visitante que pudiese ver desde cerca el artesanado no le costaría trabajo diferenciar las piezas nuevas de las originales, pero se le hace sumamente difícil por no decir imposible, distinguir éstas desde la altura normal a la que contempla cualquier espectador un artesanado de una iglesia.

Para la reintegración de policromías del artesanado de la Concepción se siguió el mismo orden de trabajo que el efectuado en los trabajos de reintegración volumétrica de las piezas de madera, de tal manera que se comenzó por los faldones laterales de la nave para acabar con la zona del almizate. Los trabajos realizados con las piezas pertenecientes a los faldones fueron más sencillos que los de las piezas del almizate, ya que las primeras se trabajaron mayoritariamente antes de su puesta en obra, mientras que las segundas debieron de trabajarse una vez colocadas con la consiguiente dificultad que ello conlleva.

A continuación mostramos ejemplos de algunas de las reintegraciones de policromías de las piezas que forman parte de los faldones. En ellas se puede apreciar como antes de aplicarles la técnica del regatino, las piezas deben de estar tratadas con tintes al disolvente consiguiendo la tonalidad acorde con el resto de las piezas del artesanado.



Figura 498. Piezas que posteriormente se emplearán para configurar los nuevos saetinos, preparadas para que los carpinteros las corten y coloquen en el lugar correspondiente.



Figura 499. Rueda de lazo perteneciente al tramo situado sobre el coro (tramo 0) reintegrada volumétricamente por los carpinteros, quedando únicamente que los restauradores la reintegren policromáticamente.



Figura 500. Tablas que conforman los candilejos tratadas por su cara vista con la tonalidad de rojo correspondiente a la rueda de lazo del tramo 0 y 1 del almizate.

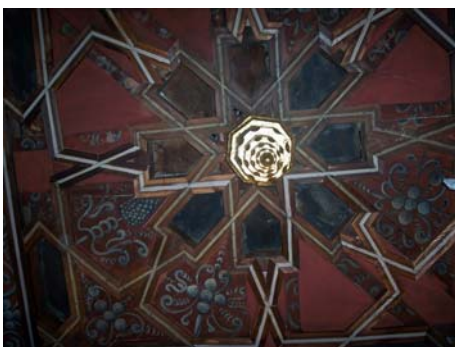


Figura 501. Rueda de lazo perteneciente al tramo situado sobre el coro (tramo 0) en la que se han tratado todas las tablas que conforman los candilejos de esta rueda con la tonalidad de rojo que se requiere para este tramo.

La reintegración de las policromías del almizate afectó solamente a los tramos cero, uno y dos, siendo el tramo cero (situado sobre el coro), el que precisó un mayor grado de reintegración. Las policromías de los tramos cero y uno se reintegraron del mismo modo, ya que su almizate presenta la misma rueda de lazo, mientras que las del tramo dos difirieron bastante de las otras.

Respecto a la reintegración de las policromías del almizate cero y uno de la Concepción, éstas pudieron hacerse una vez que los carpinteros reintegraron todas las piezas de madera del almizate. Las labores de reintegración de policromías de este tramo comenzaron por las cintas que discurren sin interrupción por el trazado.

Tras haber reintegrado en la rueda de lazo todas las cintas que forman parte de su trazado, comenzaron las tareas de reintegración de las delgadas tablas de madera que sirven para tapar los candilejos de la rueda de lazo de ocho que decoran el almizate de la Concepción. Estas tablas se trataron por su cara vista con la tonalidad de rojo correspondiente de modo que se integrasen adecuadamente al conjunto del almizate.

Una vez efectuado esto, los restauradores comenzaron a calcar los motivos florales que decoran cada una de las tablas de las ruedas de lazo empleando para ello papel de calco y carboncillo. Obtenidos los motivos florales de cada una de las tablas de la rueda de ocho en el papel de calco, se trasladaron los dibujos a las tablas

correspondientes del almizate. Tras plasmar en cada tabla su motivo floral solo quedaba aplicar las policromías adecuadas en cada una de las tablas.

Tras aplicar las policromías adecuadas, se trataron éstas con una pátina intentando de este modo restar “luminosidad” e importancia a las tablas decoradas con las policromías nuevas y homogeneizar el colorido del tramo del almizate.

En cuanto a la reintegración de las policromías del tramo dos del almizate de la Concepción, las labores se centraron fundamentalmente en remarcar el recorrido de las cintas de su trazado. Una decisión muy importante y que repercutió en la consecución de una mayor belleza del conjunto de la rueda de lazo de este tramo, fue la recuperación del color original de los candilejos que se forman en la rueda de lazo de este tramo. Así pues se adoptó la medida de recuperar el color blanco original de los candilejos en detrimento del azul oscuro que en ese momento los decoraba.



Figura 502. Restauradoras reintegrando las policromías del tramo 2 del almizate de la Concepción de Caravaca de la Cruz.

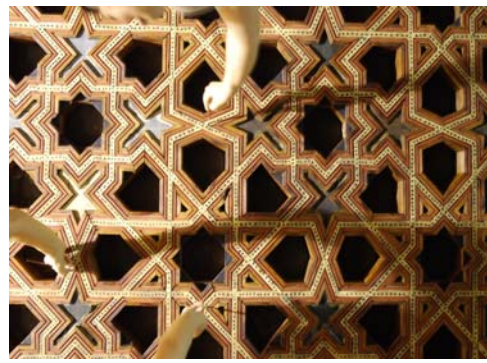


Figura 503. Detalle de cómo los restauradores reintegren las policromías de las aspillas del tramo 2 del almizate.



Figura 504. Restauradora reintegrando las policromías de los azafates de la rueda del tramo 2 del almizate de la Concepción.



Figura 505. Candilejos del tramo 2 del almizate tras ser reintegrados policromáticamente, recuperando su color original.

Para entender mejor el proceso llevado a cabo en el tramo cero y uno del almizate de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz, vamos a mostrar una secuencia gráfica de los trabajos realizados.



Figura 506. En primer lugar los restauradores colocan el papel de calco en las tablas que conforman los candilejos apoyándose para ello de celo que se pega a las cintas del trazado.



Figura 507. Una vez colocado el papel de calco y tras asegurarnos de que no se pueda mover, es el momento de calcar, mediante el empleo de un lápiz, los motivos florales que decoran las tablas de los candilejos.



Figura 508. En esta foto vemos a varias restauradores calcando dos de los ocho candilejos que constituyen la rueda de lazo de los tramos 0 y 1 del almizate. Para poder realizar mejor los trabajos los restauradores se apoyaron en banquetas alcanzando el almizate con mayor facilidad.



Figura 509. Tras calcar en el papel de calco los motivos florales es el momento de traspasarlos a las tablas de los candilejos. Para ello la solución empleada es la que podemos ver en esta imagen.



Figura 510. Aquí podemos observar como los restauradores han plasmado los motivos florales en uno de los candilejos, quedando únicamente aplicarle las policromías adecuadas.



Figura 511. Aplicación de las policromías de los motivos florales de los candilejos.



Figura 512. En esta imagen podemos apreciar perfectamente la diferencia de policromías entre las tablas originales y las nuevas que conforman los candilejos de la rueda de lazo. Posteriormente se aplicará también la técnica del regatino para darle las sombras.



Figura 513. Otro detalle de la reintegración de los motivos florales de la rueda de lazo del tramo 0.



Figura 514. Como hemos comentado anteriormente, las sombras que presentan los motivos florales con la finalidad de que parezcan que tienen volumen se realizan con la técnica del regatino.



Figura 515. Detalle de la apariencia volumétrica que se le da a los motivos florales de las tablas que conforman la rueda de lazo de este tramo al aplicarle la técnica del regatino.



Figura 516. Tras aplicar las policromías necesarias para reintegrar los motivos florales de esta rueda, se ha de tratar las tablas de los candilejos con una pátina intentando de este modo restar "luminosidad" e importancia a las tablas decoradas con las policromías nuevas y homogeneizar el colorido de la rueda de este tramo.



Figura 517. Aspecto final que presenta la rueda de lazo del tramo 0 del almizate de la Concepción tras ser reintegrada policromáticamente.



Figura 518. Restauradora preparando el pan de oro fino en láminas de 22 quilates para colocarlos en el lugar correspondiente de los mocárabes de los tramos 0 y 1 del artesonado.



Figura 519. Otro detalle de la preparación del pan de oro fino.

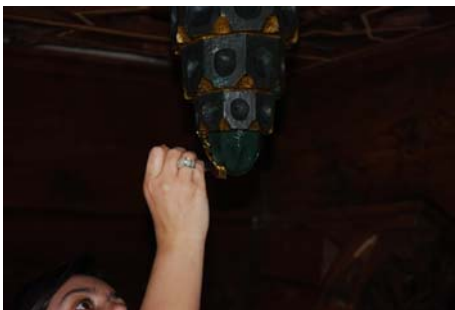


Figura 520. Aplicación del pan de oro fino sobre punta del mocárabe.

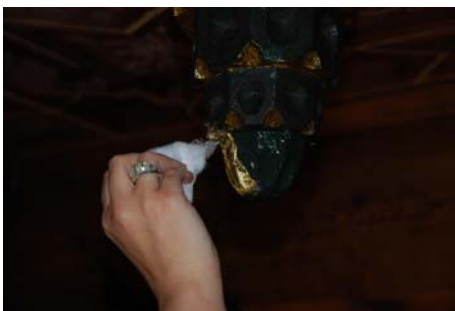


Figura 521. Retirada de los posibles “pegotes” de pan de oro fino sobrante con objeto de conseguir un espesor uniforme en toda la superficie tratada con pan de oro fino.

Otra intervención de gran importancia en el artesonado de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz, ha sido la reintegración de los mocárabes de los tramos cero y uno del almizate.

Estos mocárabes presentaban una gran cantidad de suciedad acumulada, así como otras patologías ya comentadas en el capítulo 8 de este proyecto final de carrera, que impedían apreciar el maravilloso dorado que las decora. Por ello la importancia de su reintegración dentro del artesonado, para lo cual era necesaria la eliminación de los actuales revestimientos, muy degradados por la acumulación de defecaciones de insectos.

La técnica empleada para el estucado de sus carencias consistió en emplear el tradicional sistema de sulfato cálcico hidratado en colas naturales. Y para el resanado final de los mocárabes se empleó oro fino en láminas de 22 quilates. El oro fino se protegió con laca zapón necesaria para evitar el desprendimiento del oro fino ante cualquier roce.

De este modo se ha logrado recuperar la imagen original de los mocárabes, enriqueciendo de manera considerable la decoración del artesonado de la Concepción.

Todas estas actuaciones que hemos comentado a la hora de reintegrar las policromías del artesonado de la Concepción de Caravaca de la Cruz han conseguido mejorar sobremanera la belleza artística del artesonado provocando la perplejidad del espectador al contemplarlo.



Figura 522. El estucado de las carencias de los mocárabes consistió en emplear el tradicional sistema de sulfato cálcico hidratado en colas naturales.



Figura 523. Aplicación del pan de oro fino sobre una de las puntas de los mocárabes del tramo 1 del almizate de la Concepción.



Figura 524. Aplicación del pan de oro fino sobre el primero de los cuerpos que conforman los mocárabes del tramo 1 del almizate de la Concepción.



Figura 525. Detalle de cómo queda el primer cuerpo de los mocárabes tras ser reintegrado con el pan de oro fino.



Figura 526. Aspecto de mocárabe tras ser reintegrado



Figura 527. Imagen de los mocárabes que conforman el tramo 1 del almizate.

9.2.6. PROTECCIÓN DEL CONJUNTO DEL ARTESONADO DE LA IGLESIA PARROQUIAL DE LA CONCEPCIÓN DE CARAVACA DE LA CRUZ.

Una vez finalizados todos los procesos anteriores, se decidió aplicar una superficie que protegiese el conjunto del artesonado de posibles agresiones, como determinados tipos de corrosiones o polvo.



Figura 528. Consolidante Paraloid B-72 empleado en el artesonado de la Concepción.

Con objeto de proteger de una manera efectiva las policromías y dorados aplicados en las piezas de madera del artesonado, así como consolidar en su conjunto el artesonado de la iglesia parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz, se empleó el consolidante empleado en la anterior fase de consolidación, es decir el Paraloid B-72 disuelto en una solución de tolueno al 5%.

La dosis necesaria para realizar la mezcla ha de ser de 20 gramos de Paraloid por cada litro de tolueno, aplicando el tratamiento con brocha mediante impregnaciones sucesivas fluidas con el disolvente.

9.2.7. ENCERADO DEL ARTESONADO DE LA IGLESIA PARROQUIAL DE LA CONCEPCIÓN DE CARAVACA DE LA CRUZ.



Figura 529. Aplicación de cera natural en toda la superficie del artesonado con objeto de mejorar el aspecto estético del conjunto.

Esta es la última fase de la actuación en el artesonado de la Concepción, teniendo como objetivo darle el acabado final al artesonado. Esta operación consistió simplemente en la aplicación de cera natural en toda la superficie del artesonado, con el posterior pulimento de la misma, dotando al artesonado de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz de un magnífico aspecto, reluciendo en el conjunto de la iglesia.

9.3. RESTAURACIÓN DE LAS CORREAS PERTENECIENTES AL FALDÓN SUR DEL ARTESONADO DE LA IGLESIA PARROQUIAL DE LA CONCEPCIÓN DE CARAVACA DE LA CRUZ.

Paralelamente a los trabajos de restauración del almizate y los faldones del artesonado de la Concepción de Caravaca de la Cruz, se acometió la restauración de las dos primeras correas del faldón Sur de la iglesia, es decir las más cercanas al muro de coronación. Estas correas, a pesar de haber sufrido una intervención en la década de los setenta del siglo pasado, presentaban un aspecto realmente ruinoso, y hacían peligrar la estabilidad del conjunto de la cubierta.



Figura 530. Pletinas metálicas con abrazaderas en forma de “U” de la segunda correa del faldón Sur restaurada en la década de los 70 del siglo pasado.

El principal peligro que presentaban estas correas eran las grandes grietas que atravesaban transversalmente la pieza y que traían como consecuencia que las correas no pudiesen trabajar de manera óptima en su esfuerzo a flexión, con la consiguiente inestabilidad del conjunto de la cubierta y el artesonado.

En la anterior intervención llevada a cabo en las correas se optó por coser estas grietas mediante pletinas metálicas dispuestas en su cara inferior y superior, quedando unidas mediante pasantes metálicos que unían ambas pletinas. Además se reforzaban estas pletinas con abrazaderas en forma de “U” en las que también se unían sus caras laterales con tornillos pasantes que unían los brazos de la “U”.



Figura 531. Flexión que sufría la segunda correa del faldón Sur. En esta imagen podemos apreciar la correa tras quitar las abrazaderas metálicas que la rodeaban.

Visto los problemas que presentaban las correas del faldón Sur, era evidente que se requería una rápida actuación sobre ellas. La primera medida que se tomó fue disponer unos gatos hidráulicos y unos puntales metálicos con objeto de apuntalar la viga y que ésta volviese a su posición inicial. Además se tendieron unos hilos en los extremos de las vigas con objeto de comprobar posteriormente la flexión que experimentaba la viga al ir entrando en carga, para lo cual simplemente se aflojaban muy poco a poco los gatos hidráulicos y los puntales.



Figura 532. Gatos hidráulicos colocados sobre la primera y segunda correa del faldón Sur con objeto de apuntalar la viga y que recuperase su posición inicial.



Figura 533. Operario aflojando los gatos hidráulicos con objeto de comprobar la flexión experimentada por la correa al entrar en carga.



Figura 534. Dibujo de la sección que se quería cortar sobre la cara lateral de la segunda correa del faldón Sur.



Figura 535. Carpintero iniciando la extracción de la sección de correa que queríamos realizar.

Tras comprobar el descenso que se producía en las correas al entrar en carga, se adoptó que la solución más óptima era “vaciar” la madera que se encontraba afectada por la grietas transversales, dejando continúa la cabeza de la correa de esa zona y conservando además el resto de la correa. Para ello se realizó un cajeado de la correa a modo de “diente de sierra” empleando en un primer momento la sierra mecánica y consiguiendo el acabado final con el formol. Se adoptó el criterio de realizar tres escalones tomando la precaución de descender diez centímetros en vertical en el primer escalón y cinco en los dos restantes. En sentido horizontal había que retranquearse diez centímetros.

Estas operaciones precisaron del buen hacer de los carpinteros ya que las condiciones de trabajo eran sumamente complicadas, no pudiéndose trabajar por la cara superior de la correa ya que inmediatamente sobre ésta se encontraba el artesonado y la sobrecubierta restaurada con anterioridad a esta fase de los trabajos. A ello debemos sumar la complejidad de tener que dar los cortes a las correas con la inclinación de la cubierta para que no corriéramos el riesgo de comernos la cabeza de la correa.

Una vez efectuado el cajeado de la correa era el momento de introducir las prótesis de madera en los huecos con forma de diente de sierra. Para ello se emplearon tablas de madera con las mismas características que las originales. Estas tablas de madera se unieron entre sí y entre éstas y las correas con un pegamento llamado resorcina. Transcurridas cuarenta y ocho horas se comenzó a aflojar los gatos y los puntales con objeto de que fuesen entrando en carga poco a poco las correas. Pero viendo que este procedimiento no era todo lo fiable que debería, se optó por reforzar nuevamente las correas.



Figura 536. Detalle de la extracción de una zona de la sección de la correa en la que se puede apreciar la dificultad que conlleva la realización de estos trabajos



Figura 537. Vaciado de una parte de la correa, donde se observa la irregularidad en el corte dado con la sierra eléctrica dada la dificultad de maniobrar con ella en esta situación.



Figura 538. Para conseguir un mejor acabado los carpinteros recurrieron al empleo del formol.

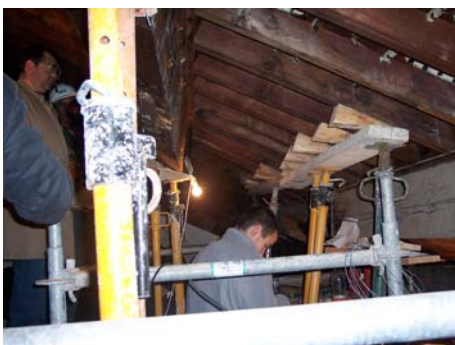


Figura 539. Aquí se puede observar el sistema de apuntalamiento de ambas correas.

De este modo se optó por introducir unas planchas de acero que ocupasen toda la longitud de las correas, dispuestas en las caras laterales de las mismas. Estas planchas se unieron mediante tonillos de acero y se apretaron con tuercas dobles asegurando un mejor trabajo del conjunto. Esta operación también tuvo gran complicación ya que los tornillos pasantes que unen las dos planchas laterales, debían de hacerse siguiendo la inclinación de las correas.

Pero para asegurar una mayor homogeneidad de trabajo entre la madera nueva y la original de las correas, se practicaron ocho perforaciones en la cara inferior de cada una de las correas, con una inclinación de 45° desde la madera original a la nueva. En las que posteriormente se introdujeron ocho cilindros de madera que presentaban su superficie estriada para un mejor agarre a la cola que debía servir de unión. Así pues se distribuyeron cuatro perforaciones a cada lado de la correa justo en el encuentro entre la zona “sana” y el implante de las tablas de madera nueva.

A continuación vamos a mostrar una secuencia gráfica de cada una de las intervenciones que se efectuaron en las correas del faldón Sur, y en ella se podrá entender mucho mejor las operaciones llevadas a cabo hasta conseguir que la viga trabajase en las mejores condiciones posibles.



Figura 540. Carpintero interviniendo sobre la segunda correa del faldón Sur.



Figura 541. Para extraer la sección óptima de la correa, el carpintero extrajo en un primer momento la sección más amplia que se encontrase dentro del dibujo que se marcó al principio de los trabajos, para después ir realizando la sección en forma de escalón.



Figura 542. Detalle de la inclinación con que el carpintero debía de ir realizando los cortes en las correas, para evitar destrozar las cabezas de las correas, debido a la inclinación de los faldones de cubierta.



Figura 543. Momento en el que se extrajo la principal sección de la segunda correa del faldón Sur del artesonado de la Concepción.



Figura 544. Detalle de la sección extraída de la segunda correa, donde se aprecia la inclinación con que debió de realizarse. Ahora solo falta realizar la extracción de la sección de correa para darle forma de diente de sierra.



Figura 545. Detalle de los laterales de la sección. En este momento aún falta unir los dos escalones superiores como se puede apreciar en la siguiente imagen.



Figura 546. Detalle de los laterales de la sección de la correa definitiva en la que se puede apreciar los distintos escalones. El de más arriba descendiende 10 cm. en vertical mientras que los dos restantes lo hacen únicamente 5 cm. En cuanto al retranqueo horizontal en todos los casos se realizó de 10cm. Sólo falta repasar sus superficies con el formol para la introducción correcta de las maderas nuevas.



Figura 547. Sección de correa extraída de la segunda correa del faldón Sur del artesanado de la Concepción



Figura 548. Detalle de las púas empleados para agarrar las abrazaderas metálicas en forma de "U" a las correas.



Figura 549. Madera laminada empleada para rellenar la sección de madera extraída en las correas del faldón Sur.



Figura 550. La unión de la madera laminada con la madera original de la correa se realizó con resorcina, que se trata de una cola cuyo uso está indicado especialmente para estos casos.



Figura 551. En esta imagen podemos ver el aspecto de las dos correas del faldón Sur tras realizarles los nuevos implantes.



Figura 552. Transcurridas cuarenta y ocho horas se comenzó a aflojar los gatos y los puntales con objeto de que fuesen entrando en carga poco a poco las correas. Pero viendo que este procedimiento no era todo lo fiable que debería, se optó por reforzar nuevamente las correas como veremos en las siguientes figuras.



Figura 553. Operarios colocando las placas de acero que ocupan toda la longitud de las correas, dispuestas en las caras laterales de las mismas.



Figura 554. Como se puede comprobar en esta imagen, dado el gran peso de cada una de estas placas se hizo necesario la colaboración de un gran número de operarios para poder fijar estas placas en su posición adecuada.



Figura 555. Operario fijando la posición de las placas situadas en cada una de las caras laterales de las correas mediante el empleo de gatos.



Figura 556. Realización de los agujeros que conectan las placas de acero situadas en los laterales de las correas empleando para ellos brocas.



Figura 557. Detalle de la realización de los agujeros donde luego se colocarán los pasantes que unen las placas de acero. En esta imagen podemos comprobar la complejidad de estos trabajos, ya que para realizar correctamente esta unión hay que tener presente la inclinación que presenta las correas.



Figura 558. Introducción de los pasantes en los agujeros practicados anteriormente, de modo que se unan correctamente las placas de acero.



Figura 559. Operario apretando las tuercas que sirven para fijar los pasantes, evitando de este modo que “resbalen” en el interior de los agujeros. En este caso se trata de las primeras tuercas, quedando para asegurar mejor la unión la colocación de las segundas tuercas.



Figura 560. Plancha de acero en su posición definitiva, en la que podemos apreciar la colocación de las segundas tuercas, consiguiendo de este modo conexión más segura entre ambas planchas.



Figura 561. Otra imagen de la posición de las planchas laterales de la segunda correa del faldón Sur del artesonado de la Concepción.



Figura 562. En esta imagen podemos apreciar claramente la disposición de los pasantes y las tuercas que conectan ambas planchas.



Figura 563. Operario supervisando las uniones de los extremos de la plancha con objeto de que ésta esté lo más junto posible a la correa. En esta imagen podemos apreciar que aún falta por colocar las planchas de la primera correa del faldón Sur.



Figura 564. Aspecto que presentan las dos correas del faldón Sur del artesonado de la Concepción tras colocar en ellas las planchas de acero necesarias para asegurar una mejor unión entre la madera nueva y la original de las correas.



Figura 565. Para asegurar una mayor homogeneidad de trabajo entre la madera nueva y la original de las correas, se practicaron ocho perforaciones en la cara inferior de cada una de las correas, con una inclinación de 45° desde la madera original a la nueva. El primer paso que se debió de dar para realizar estos trabajos fue cortar los cilindros de madera de superficie estriada que debían introducirse en dichas perforaciones.



Figura 566. A continuación se empezaron a realizar las perforaciones distribuyéndose cuatro perforaciones a cada lado de la correa justo en el encuentro entre la zona "sana" y el implante de las tablas de madera nueva. Para realizar las perforaciones los carpinteros emplearon en primer lugar la broca fina, con objeto de dejar marcado el camino a seguir.



Figura 567. Detalle de las dos primeras perforaciones efectuadas con la broca fina.



Figura 568. Tras haber realizado las cuatro perforaciones con la broca fina, los carpinteros emplearon la broca gorda, abriendo paso para la introducción de las piezas de madera de superficie estriada.

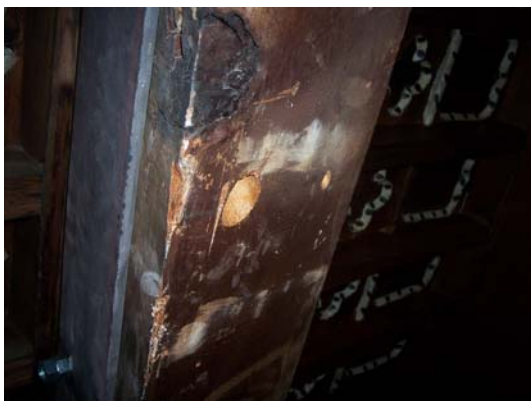


Figura 569. Detalle de una de las perforaciones realizadas con la broca gorda donde posteriormente se introducirán las piezas de madera que deben conecta la madera original con la madera nueva.



Figura 570. Operario impregnando la superficie estriada de la pieza de madera para asegurar una mejor unión a la hora de introducirla en la perforación efectuada con anterioridad.



Figura 571. Introducción de la pieza de madera en la perforación correspondiente. Para facilitar la penetración de la pieza el carpintero necesitó emplear el martillo.



Figura 572. Detalle de la segunda introducción de las piezas de madera.



Figura 573. Carpintero efectuando la última de las cuatro perforaciones necesarias. Dada la gran cantidad de serrín que se desprende a la hora de realizar estos trabajos, se hace absolutamente necesario el empleo de pantallas visuales con objeto de proteger los ojos del operario.



Figura 574. Nueva imagen del operario realizando una de las perforaciones necesarias para la posterior introducción de las piezas de madera.



Figura 575. Detalle visto desde abajo de cómo quedó la correa tras la introducción de las cuatro piezas de superficie estriada.



Figura 576. Para evitar el desagradable efecto óptico que provoca el contraste entre el color de la madera y el de la cola, se aplicó sobre las bases de las perforaciones pintura marrón.



10. ADOPCIÓN DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LA INTERVENCIÓN EN EL ARTESONADO DE LA IGLESIA PARROQUIAL DE LA CONCEPCIÓN DE CARAVACA DE LA CRUZ.

En este capítulo vamos a realizar un breve análisis del Estudio de Seguridad y Salud de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz. Para ello iremos analizando cada uno de los apartados de que consta dicho estudio. A continuación analizaremos el Plan de Seguridad y Salud y comentaremos las medidas que se han adoptado siguiendo el Estudio, así como aquellas que se han realizado de manera distinta. Para finalizar realizaremos una evaluación de los riesgos que conllevan los trabajos efectuados en la restauración del artesonado mudéjar de la iglesia.

10.1. ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

El Estudio de Seguridad y Salud de la Iglesia Parroquial de la Concepción establece, durante la construcción de la obra, las previsiones respecto a prevención de riesgos y accidentes profesionales, así como los servicios sanitarios comunes a los trabajadores.

Para ello el estudio de Seguridad y Salud se divide básicamente en cuatro capítulos, siendo el primero de ellos la memoria del estudio, en la que se detallan las características de la obra, así como la maquinaria y medios auxiliares necesarios para llevar a cabo las obras de Restauración.

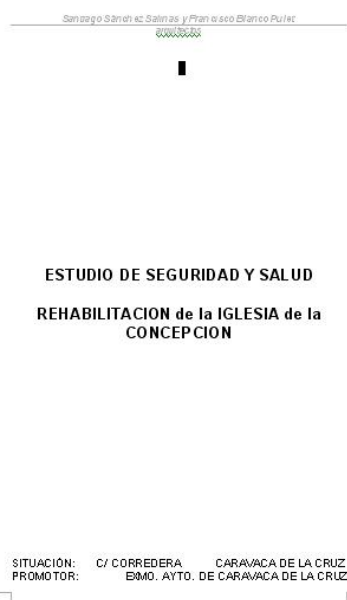


Figura 577. Portada del Estudio de Seguridad y Salud de la obra de Restauración de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz.

A continuación nos encontramos con el Pliego de Condiciones, que nos indica la legislación vigente que debemos aplicar en la obra, así como las condiciones técnicas que deben reunir la maquinaria e instalación eléctrica empleada en la obra. Además nos indica los Seguros de Responsabilidad Civil y las Obligaciones de las partes implicadas en los trabajos de Restauración de la Concepción.

En tercer lugar nos encontramos con una breve información sobre el Plan de Seguridad, en el que se insta a la Constructora ha redactar un Plan de Seguridad y Salud adoptando el Estudio de Seguridad a los medios y métodos de ejecución que ellos estimen conveniente para la realización de las obras de Restauración, pero que en todo caso cumplan en todos sus apartados con las especificaciones establecidas y disposiciones legales de aplicación vigente.

Por último tenemos el apartado referente a las mediciones y presupuestos relativos a las medidas de seguridad y salud que deben aplicarse en las obras de Restauración de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz.

A continuación vamos a desarrollar con mayor profundidad cada uno de estos apartados.

La Memoria del Estudio de Seguridad y Salud se estructura en doce apartados, y el primero de ellos comienza hablando del objetivo que persigue el mismo, que como hemos comentado anteriormente debe servir para establecer las previsiones respecto a los accidentes y riesgos a los que están expuestos los trabajadores de la obra de Restauración de la Concepción. Además el estudio debe servir para dar unas directrices básicas a la empresa contratista para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales facilitando su desarrollo bajo el control del Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, de acuerdo con el Real Decreto 1627 de 24 de Octubre de 1997 que establece las Disposiciones Mínimas en materia de seguridad y Salud.



Figura 578. Vista aérea del entorno de la Concepción de Caravaca de la Cruz, resaltando en el conjunto la torre de la iglesia y en primer término el Templo.

A continuación habla de las características de la obra de la Concepción, para lo cual realiza una breve descripción de la iglesia, así como de la situación en que se encuentra dentro del municipio de Caravaca de la Cruz. En este apartado también se comenta que no se necesita realizar un estudio del solar ya que no se trata de una obra nueva, además de especificar que la Iglesia de la Concepción se encuentra exenta de cualquier servidumbre o paso. Para finalizar este apartado realizan un breve resumen de la obra de Restauración indicando el presupuesto y plazo de ejecución, el promotor de la obra, que en nuestro caso es la Diócesis

de Cartagena, así como la mano de obra necesaria para llevar a cabo la totalidad de los trabajos, y por último identifican a los autores del Estudio de Seguridad y Salud.

En el apartado tercero de la memoria, se especifican los trabajos necesarios que se han de realizar antes del comienzo de la obra. Para ello se centran en el vallado de la obra, indicando su posición así como las señales que deberán colocarse para una correcta organización de la obra. En este apartado adquiere una gran importancia los suministros de energía, agua y saneamiento de la obra, para lo cual se especifica que el suministro de energía eléctrica se aplicará teniendo en cuenta el Reglamento de Baja Tensión. Dicho suministro se especifica que se realice desde la red

existente a pie de parcela. En lo referente al suministro de agua ésta se tomará de la red de agua potable.

El apartado cuarto de la memoria se refiere a los servicios higiénicos, vestuario, comedor y oficina de obra, para lo cual establecen que en función del número máximo de operarios que se pueden encontrar trabajando en la obra se determinará la superficie y elementos necesarios para estas instalaciones. La obra dispondrá de ducha y aseo dotados con agua caliente y fría, siendo obligatorio disponer en obra de la ubicación de los diferentes centros médicos más próximos. Además se especifica que toda persona que comience a trabajar en las obras de Restauración de la Iglesia de la Concepción deberá pasar un reconocimiento previo a los trabajos, debiendo repetirse este transcurrido un año. Finalmente se estipula una reunión mensual del Comité de Higiene y Seguridad en el trabajo para el personal de la obra, estipulándose durante el período de realización de la obra a este fin, diversas campañas sobre temas concretos (orden de limpieza, señalización, protección de vacíos, etc.).

El apartado quinto de la memoria se ocupa de la instalación eléctrica provisional de obra. Este apartado lo desglosa en tres partes, siendo el primero de ellos los riesgos detectables más comunes en los trabajos de electricidad, y describiendo aquellos accidentes que se producen con mayor frecuencia. A continuación nos habla de las Normas o medidas preventivas tipo para evitar ese tipo de riesgos, explicando las más comunes (sistemas de protección contra contactos indirectos, normas de prevención tipo para los cables, para los interruptores, cuadros eléctricos, etc.). Por último se especifica las normas o medidas de protección tipo, en las que se dan una serie de normas e indicaciones que deberán cumplir los aparatos eléctricos empleados en la obra.



Figura 579. Restauración de las cubiertas del faldón Sur de la Concepción. Se aprecia como se conservaron los pares que conforman la pendiente de la cubierta, pero por el contrario se introdujeron correas nuevas, así como tableros hidrófugos para cerrar el espacio dejado por estas últimas.

El apartado sexto de la memoria engloba las fases de ejecución de que consta la obra de Restauración de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz. Para ello se enumeran cada una de las fases de la obra, desglosándose cada una en cuatro partes: la primera se comprende la descripción de los trabajos, la segunda engloba los riesgos más comunes a la hora de realizar dichos trabajos, la tercera se refiere a las normas o medidas preventivas que se deben adoptar a la hora de realizar los trabajos, y la cuarta especifica equipos de protección individual que deberán emplear los operarios que realicen dichos trabajos.



Las fases de ejecución que atañen a los trabajos de Restauración de la Iglesia de la Concepción según el Estudio de Seguridad y Salud son la Estructura, los Acabados, las Cubiertas, la Carpintería de Aluminio, y las Instalaciones.

Dentro de cada una de ellas se distinguen distintos tipos de trabajos. Así en la fase de Estructura, se distinguen los trabajos de encofrados unidireccionales de madera para los que se establecen los siguientes equipos de protección individual:

- Casco de polietileno (preferiblemente con barbuquejo).
- Botas de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Ropa de trabajo.
- Botas de goma o P.V.C. de seguridad.

Dentro de la fase de estructura también se engloban los trabajos con ferralla (manipulación y puesta en obra) para los que se establecen los siguientes equipos de protección individual:

- Casco de polietileno (preferiblemente con barbuquejo).
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.
- Botas de goma o de P.V.C. de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Cinturón porta-herramientas.

Finalmente, en la fase de Estructura, se distinguen los trabajos de manipulación del hormigón para los que se establecen los siguientes equipos de protección individual:

- Casco de polietileno (preferiblemente con barbuquejo).
- Guantes impermeabilizados y de cuero.
- Botas de seguridad.
- Botas de goma o P.V.C. de seguridad.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Ropa de trabajo.
- Trajes impermeables para tiempo lluvioso.



Figura 580. Operarios realizando trabajos de acabados en uno de los paños del faldón Sur de la Concepción.

- Guantes de P.V.C., goma o de cuero.
- Botas de seguridad.
- Botas de goma con puntera reforzada.
- Gafas de protección contra gotas de morteros y asimilables.
- Cinturón de seguridad clases A y C.
- Gafas antipolvo, (tajo de corte).
- Mascarillas antipolvo con filtro mecánico recambiable específico para el material a cortar, (tajo de corte).



Figura 581. Cubiertas de la capilla del Cristo y de la nave central. Al fondo se observa parte de la torre de la Concepción.

Las cubiertas se especifican que sean inclinadas de teja cerámica para los que se establecen los siguientes equipos de protección individual:

- Casco de polietileno (preferiblemente con barbuquejo).
- Botas de seguridad.
- Botas de goma.
- Guantes de cuero impermeabilizados.
- Guantes de goma o P.V.C.
- Cinturón de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Trajes para tiempo lluvioso.

La carpintería será de aluminio lacado para los que se establecen los siguientes equipos de protección individual:

- Casco de polietileno (obligatorio para desplazamientos por la obra y en aquellos lugares donde exista riesgo de caída de objetos).
- Guantes de P.V.C. o de goma.
- Guantes de cuero.

- Gafas antiproyecciones.
- Botas de seguridad.
- Ropa de trabajo.

Por último, en las Instalaciones solo se contemplan los trabajos de electricidad para los que se establecen los siguientes equipos de protección individual:

- Casco de polietileno, para utilizar durante los desplazamientos por la obra y en lugares con riesgo de caída de objetos o de golpes.
- Botas aislantes de electricidad (conexiones).
- Botas de seguridad.
- Guantes aislantes.
- Ropa de trabajo.
- Cinturón de seguridad.
- Banqueta de maniobra.
- Alfombra aislante.
- Comprobadores de tensión.
- Herramientas aislantes.

El apartado séptimo de la memoria hace referencia a los medios auxiliares empleados en la obra de Restauración de la Iglesia Parroquial de la Concepción. La lista de medios auxiliares que considera el Estudio de Seguridad y Salud que deben ser empleados en la obra abarca cuatro



Figura 582. Andamios metálicos tubulares empleados para los trabajos de Restauración de la fachada Sur de la Concepción.

tipos: los andamios de borriquetas, las escaleras de mano, los andamios metálicos tubulares y los puntales.

Comienza el apartado hablando de los andamios en general estructurando su contenido en cuatro partes, al igual que ocurría en el apartado seis. Así pues primero se realiza una descripción de cada uno de estos medios auxiliares, para después hablar en primer lugar, de los riesgos más habituales a los que están expuestos los trabajadores que utilizan dichos medios, para después continuar enumerando una serie de normas o medidas preventivas tipo, y por último especificar los equipos de protección individual que deben emplear los trabajadores que realicen los trabajos sobre estos medios auxiliares. Nosotros nos centraremos en la definición que el Estudio

de Seguridad y Salud da a cada uno de estos medios auxiliares, y en la relación de equipos de protección individual que exige para cada uno de ellos.

En primer lugar se habla de los andamios sobre borriquetas los cuales especifican que estarán formados por un tablero horizontal de 60 cm. de anchura mínimo, colocados sobre dos apoyos en forma de “v” invertida. Los equipos de protección individual que el Estudio de Seguridad y Salud establece para los trabajadores que se apoyen de este medio para realizar los trabajos de Restauración de la Iglesia de la Concepción son:

- Cascos.
- Guantes de cuero.
- Calzado antideslizante.
- Ropa de trabajo.
- Cinturón de seguridad clase C.



Figura 583. Escalera de mano empleada para acceder a la cubierta situada sobre la sacristía, que como se aprecia en la imagen se accedía a través de un orificio de reducidas dimensiones practicado en el forjado

Las escaleras de mano, englobándose en ella tanto las realizadas a base de madera como las metálicas. En relación a ellas se especifica que se trata de un medio auxiliar que suele estar presente en todas las obras sea cual sea su entidad. Además en muchos casos suele ser objeto de "prefabricación rudimentaria", en especial al comienzo de la obra o durante la fase de estructura. Se aclara que estas prácticas son contrarias a la Seguridad en la obra, prohibiendo su empleo en la obra de Restauración de la Concepción de Caravaca. Los equipos de protección individual que el Estudio de Seguridad y Salud establece para los trabajadores que se apoyen de este medio para realizar los trabajos de Restauración son:

- Casco de polietileno.
- Botas de seguridad.
- Calzado antideslizante.
- Cinturón de seguridad clase A o C

En relación a los andamios metálicos tubulares que se emplearán para la restauración del artesonado mudéjar de la Concepción, el Estudio de Seguridad y Salud estima que se debe considerar, para decidir sobre la utilización de este medio auxiliar, que el andamio metálico tubular esté comercializado con todos los sistemas de seguridad que lo hacen seguro (escaleras,

barandillas, pasamanos, rodapiés, superficies de trabajo, bridas y pasadores de anclaje de los tablones, etc.). Sólo en caso de cumplir dichos requisitos se estará en disposición de poder emplear este medio auxiliar. Los equipos de protección individual que el Estudio de Seguridad y Salud establece para los trabajadores que se apoyen de este medio para realizar los trabajos de Restauración son:

- Casco de polietileno (preferible con barbuquejo).
- Ropa de trabajo.
- Calzado antideslizante.
- Cinturón de seguridad clase C.



Figura 584. Puntales metálicos empleados para apuntalar uno de los forjados de la casa del cura, situada en la fachada Sur de la Concepción.

Por último queda hablar de los puntales necesarios principalmente para los trabajos de encofrado de madera, y hace un breve inciso aclarando que el conocimiento del uso correcto de este útil auxiliar está en proporción directa con el nivel de la seguridad en la obra. Los equipos de protección individual que el Estudio de Seguridad y Salud establece para los trabajadores que se apoyen de este medio para realizar los trabajos de Restauración son:

- Casco de polietileno (preferible con barbuquejo).
- Ropa de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Cinturón de seguridad.
- Botas de seguridad.
- Las propias del trabajo específico en el que se empleen puntales.

El apartado octavo de la memoria nos habla de la maquinaria de obra que se requiere para la realización de los trabajos de Restauración de la Iglesia de la Concepción. Este apartado se estructura exactamente igual que los dos anteriores, es decir, primero se hace una breve descripción de la máquina en cuestión, después se analizan los riesgos más frecuentes que conlleva el empleo de la máquina, seguidamente se enumeran una serie de normas o medidas preventivas tipo para con objeto de prevenir de la mejor forma los posibles accidentes que se puedan producir por el empleo de la máquina, y finalmente se enumeran los equipos de protección individual que deben llevar los peones a la hora de realizar los trabajos con dicha máquina. Al igual que hemos hecho con los apartados anteriores vamos a centrarnos en la definición que el

Estudio de Seguridad y Salud da a cada una de las máquinas empleadas en la obra, y en la relación de equipos de protección individual que exige para cada una de ellas.

En primer lugar se menciona la hormigonera eléctrica que se trata de una máquina utilizada para la fabricación de morteros y hormigón, previo mezclado de diferentes componentes tales como áridos de distinto tamaño y cemento básicamente. Está compuesta de un chasis y un recipiente cilíndrico que se hace girar con la fuerza transmitida por un motor eléctrico o de gasolina. Los equipos de protección individual que el Estudio de Seguridad y Salud establece para los trabajadores que empleen esta máquina a la hora de realizar los trabajos de Restauración son:

- Casco de polietileno.
- Gafas de seguridad antipolvo (antisalpicaduras de pastas).
- Ropa de trabajo.
- Guantes de goma o P.V.C.
- Botas de seguridad de goma o de P.V.C.
- Mascarilla con filtro mecánico recambiable.



Figura 585. Vibrador de hormigón. ²⁸⁷

El vibrador de hormigón es la máquina empleada para la compactación de los hormigones en obra. Éste se realizará mediante procedimientos adecuados a la consistencia de las mezclas y de manera tal que se eliminen los huecos y se obtenga un perfecto cerrado de la masa, sin que llegue a producirse segregación. El proceso de compactación deberá prolongarse hasta que

refluya la pasta a la superficie. Esta compactación se consigue mediante vibradores de hormigón. Los equipos de protección individual que el Estudio de Seguridad y Salud establece para los trabajadores que empleen los vibradores son:

- Ropa de trabajo.
- Casco de polietileno.
- Botas de goma.
- Guantes de seguridad.
- Gafas de protección contra salpicaduras.

A continuación el Estudio de Seguridad y Salud habla de las herramientas en general que son imprescindibles en cualquier clase de obra, fundamentalmente en Restauración. En este apartado se consideran globalmente los riesgos de prevención apropiados para la utilización de pequeñas

herramientas accionadas por energía eléctrica (taladros, rozadoras, cepilladoras metálicas, sierras, etc.,) de una forma muy genérica. Los equipos de protección individual que el Estudio de Seguridad y Salud establece para los trabajadores que empleen este tipo de herramientas son:

- Casco de polietileno.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de seguridad.
- Guantes de goma o de P.V.C.
- Botas de seguridad.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Protectores auditivos.
- Mascarilla filtrante.
- Máscara antipolvo con filtro mecánico o específico recambiable.

El montovolquete autopropulsado es un vehículo que suele utilizarse para la realización de transportes de poco volumen (masas, escombros, tierras). Es una máquina versátil y rápida, pero se deben tomar precauciones, para que el conductor esté provisto de carné de conducir clase B como mínimo. Además se intentará en la medida de lo posible que el montovolquete no transite por la vía pública, ya que con esta medida estaremos favoreciendo la seguridad vial. Los equipos de protección individual que el Estudio de Seguridad y Salud establece para los trabajadores que empleen el montovolquete autopropulsado son:

- Casco de polietileno.
- Ropa de trabajo.
- Cinturón elástico antivibratorio.
- Botas de seguridad.
- Botas de seguridad impermeables (zonas embarradas).
- Trajes para tiempo lluvioso.



Figura 586. La mesa circular se empleó muchísimo en los trabajos de reposición de piezas del artesonado mudéjar de la Concepción, como ya vimos con todo tipo de detalle en el capítulo 9 de este Proyecto Final de Carrera.

La mesa de sierra circular se trata de una máquina versátil y de gran utilidad en obra, con alto riesgo de accidente, que suele utilizar cualquiera que la necesite. Los equipos de protección individual que el Estudio de Seguridad y Salud establece para los trabajadores que empleen la sierra circular son:

- Casco de polietileno.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Mascarilla antipolvo con filtro mecánico recambiable.
- Ropa de trabajo y botas de seguridad.

Para cortes en vía húmeda se utilizará:

- Guantes de goma o de P.V.C. (preferible muy ajustados).
- Traje impermeable.
- Polainas impermeables.
- Mandil impermeable.
- Botas de seguridad de goma o de P.V.C.

Para finalizar este apartado falta mencionar la grúa. Esta máquina permite obtener un gran rendimiento a la obra pero los riesgos derivados de su uso son importantes. Es por ello que el personal encargado de su manejo debe ser muy especializado, conociendo las limitaciones y precauciones a adoptar durante su uso. Los equipos de protección individual que el Estudio de Seguridad y Salud establece para los trabajadores que empleen la grúa son:

- Casco de polietileno.
- Ropa de trabajo.
- Trajes para tiempo lluvioso.

El apartado noveno de la memoria se centra en la prevención de incendios, para lo cual se enumeran una serie de medidas tendentes a minimizar los riesgos que se pueden ocasionar debido a estos efectos.

El apartado décimo de la memoria distingue entre los riesgos que pueden evitarse y aquellos que no pueden evitarse. Dentro del primer grupo se distinguen las caídas, tanto a nivel como a distinto nivel, ruidos, atropellos y colisiones, etc., mientras que en el segundo grupo se enumeran los riesgos laborales que no pueden ser eliminados, especificándose las medidas preventivas y protecciones tanto individuales como colectivas que se proponen. Entre ellos se nombran como riesgos que no pueden evitarse la caída de objetos, electrocuciones o desplomes del terreno.



Figura 587. Andamio empleado para la Restauración de la fachada Sur de la Concepción, vista desde el paseo de la Corredera.

El apartado undécimo de la memoria está dedicado a los riesgos especiales para la seguridad y salud de los trabajadores, especificándose las medidas de seguridad preventivas y protecciones tanto individuales como colectivas que se proponen. En ella se muestra una tablas con tres columnas, siendo la primera la descripción del riesgo, la segunda las prevenciones que se deben adoptar y la tercera las protecciones exigibles para atajar dicho riesgo.

El último apartado de la memoria, el duodécimo, expone las condiciones de seguridad y salud necesarias en los trabajos posteriores, principalmente en las fachadas y cubiertas de la Iglesia de la Concepción. Para el mantenimiento de fachadas se montará un andamio en la calle y se deberán cumplir todas las medidas de seguridad en este tipo de elementos. No se prevén anclajes en fachada, y por tanto se deberá anclar a balconeras y forjados. Respecto a las cubiertas de la iglesia, se dejarán dos clavos en la zona de la cumbre, y así poder colocar un cable de acero al que se amarrarán los obreros. También se dispondrá un andamio en fachada que permitirá reparar las cornisas e impedirá las caídas de objetos.

El **Pliego de Condiciones** del Estudio de Seguridad y Salud se estructura en ocho apartados, siendo el contenido del primero de ellos, la legislación vigente que debe cumplir la obra de Restauración de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz. En este apartado se especifican las Normativas de Aplicación Generales a que deberán estar sometidos todos los factores intervinientes en la obra de Restauración de la Concepción.



Figura 588. Protección colectiva empleada en la puerta de acceso a la Concepción. Como se aprecia en la imagen se trata de una estructura auxiliar reforzada con una malla para proteger a los trabajadores del riesgo de posibles caídas de objetos, ya que se trata de una zona con continuo tráfico.

El apartado segundo del Pliego de Condiciones, se centra en las condiciones técnicas de los medios de protección empleados en la obra, diferenciando entre protecciones personales y protecciones colectivas.

El apartado tercero del Pliego de Condiciones, habla de las condiciones técnicas de la maquinaria empleada en la Iglesia Parroquial de la Concepción, especificando claramente que las máquinas con ubicación variable (circular, vibrador, soldadura, etc.,) deberán ser revisadas por personal experto antes de su uso en obra. Además el personal encargado del uso de las máquinas empleadas en la obra de la iglesia deberá estar debidamente autorizado para ello, proporcionándosele las instrucciones concretas de uso

El apartado cuarto del Pliego de Condiciones, se refiere a las condiciones técnicas de la instalación eléctrica necesaria para los trabajos de Restauración de la iglesia, indicando que la instalación eléctrica provisional de obra se realizará siguiendo las pautas señaladas en los apartados correspondientes de la Memoria Descriptiva y de los Planos, debiendo ser realizada por empresa autorizada y siendo de aplicación lo señalado en el vigente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y Norma UNE 21.027

El apartado quinto del Pliego de Condiciones, aclara las condiciones técnicas de los servicios de higiene y bienestar en la obra de la Concepción, afirmando que teniendo en cuenta el reducido número de operarios que pueden llegar a coincidir en la obra, para las instalaciones de higiene y bienestar será suficiente con habilitar los servicios de la casa del cura, la cual se encuentra junto a la fachada Sur de la Iglesia Parroquial de la Concepción.

El apartado sexto del Pliego de Condiciones, hace referencia a la organización de la seguridad en la obra, especificando en primer lugar que el técnico redactor del proyecto y director de las obras será el encargado de la seguridad de las obras de Restauración de la Concepción.

Este apartado se desglosa en tres partes, la primera insta a la Constructora a disponer de cobertura de Responsabilidad Civil en el ejercicio de su actividad industrial. Además el contratista está obligado a la contratación de un Seguro, en la modalidad de todo riesgo a la construcción, durante el plazo de ejecución de la obra con ampliación a un periodo de mantenimiento de un año, contado a partir de la fecha de terminación definitiva de la obra.



Figura 589. Carteles en la puerta de acceso a la obra en la que se indican todas las obligaciones que deben cumplir los trabajadores de la obra.

La segunda parte se refiere a la formación de todos los trabajadores que intervengan en las distintas fases de ejecución de la obra de Restauración de la Iglesia de la Concepción, especificando que deberán realizar un curso de Seguridad y Salud en la Construcción, en el que se les indicarán las normas generales sobre Seguridad y Salud que en la ejecución de esta obra se van a adoptar.

La tercera parte se centra en los reconocimientos médicos a los que deben someterse los trabajadores que intervengan en la obra. Para ello acara que al ingresar en la empresa constructora, todo trabajador deberá ser sometido a la práctica de un reconocimiento médico, el cual se repetirá con periodicidad máxima de un año.

El apartado séptimo del Pliego de Condiciones, redacta las obligaciones y competencia de cada una de las partes implicadas en la Restauración de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz, distinguiendo los siguientes agentes: la Propiedad, la Empresa Constructora y el Coordinador de Seguridad y Salud.

El apartado octavo especifica las normas para la certificación de elementos de seguridad, para lo cual se afirma que junto a la certificación de ejecución se extenderá la valoración de las partidas



que, en material de Seguridad, se hubiesen realizado en la obra. La valoración de los elementos de seguridad se hará conforme a este Estudio y de acuerdo con los precios contratados por la propiedad. Esta valoración será aprobada por la Dirección Facultativa y sin este requisito no podrá ser abonada por la Propiedad.

La **Información sobre el Plan de Seguridad y Salud** afirma que el contratista estará obligado a redactar un Plan de Seguridad y Salud, adaptando este estudio a sus medios y métodos de ejecución, el cual cumplirá en todos sus apartados con las especificaciones establecidas y disposiciones legales de aplicación.

A continuación habla de la creación de un Comité de Seguridad y Salud, que será el encargado de coordinar las actuaciones de las distintas empresas en materia de seguridad, y que por tanto, tendrá como objeto la consecución de los máximos niveles de seguridad en la obra, de acuerdo con las disposiciones legales vigentes. La constitución del comité de Seguridad y Salud se llevará a efecto al inicio de la obra con la participación directa y obligatoria de todas las empresas contratadas, de la dirección de la obra y el propietario.

Para finalizar el Estudio de Seguridad y Salud sólo queda comentar el capítulo referente a las **Mediciones y Presupuestos** de los elementos de seguridad en la obra de Restauración de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz. Este capítulo hace una valoración de los medios necesarios para la realización de las obras, todo ello acompañado de una estimación económica de los mismos.

10.2. ANÁLISIS DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD. IMPLANTACIÓN Y SEGUIMIENTO.

PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD



Figura 590. Portada del Plan de Seguridad y Salud de la obra de Restauración de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz.

Tras haber realizado un análisis del contenido del Estudio de Seguridad y Salud elaborado por la Dirección Facultativa encargada de la Restauración de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz, es el momento de realizar un breve análisis del Plan de Seguridad y Salud elaborado por la Empresa Constructora encargada de llevar a cabo las labores de Restauración, en este caso Azuche 88 S.L. Como ya comentamos, el Plan de Seguridad y Salud debe elaborarse a partir del Estudio de Seguridad facilitado por la Dirección Facultativa, y tendrá que adaptar los medios y métodos de ejecución habituales de la Empresa Constructora a dicho Estudio, debiendo cumplir en todos sus apartados con las especificaciones establecidas y disposiciones legales de aplicación.

Al igual que hicimos en el apartado anterior, para analizar el Plan de Seguridad y Salud vamos a ir explicando cada uno de los apartados en que se divide dicho documento. Así pues podemos señalar que el Plan de Seguridad y Salud de la Concepción de Caravaca se divide en once capítulos siguiendo este orden:

- 1.- MEMORIA DESCRIPTIVA.
- 2.- IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS QUE PUEDEN SER EVITADOS.
- 3.- MEDIOS AUXILIARES EMPLEADOS EN ESTA OBRA.
- 4.- EQUIPOS TÉCNICOS EMPLEADOS.
- 5.- PREVISIONES E INFORMACIONES ÚTILES
- 6.- PLIEGO DE CONDICIONES DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD.
- 7.- PLANOS
- 8.- FICHAS DE SEGURIDAD
- 9.- FORMULARIOS DE SEGURIDAD
- 10.-PLAN DE MONTAJE DE ANDAMIO
- 11.- MEDICIONES Y PRESUPUESTO.

A la hora de realizar los trabajos de Restauración de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz se plantearon una serie de problemas que se entenderán mejor cuando tratemos el apartado sexto del capítulo dos de este Plan de Seguridad y Salud. Estos problemas

vinieron motivados porque el Proyecto inicial y sobre el que se elaboró el consiguiente Estudio de Seguridad y Salud, así como el Plan de Seguridad y Salud, se sustituyó por otro Proyecto modificado en el que se incluyeron nuevas partidas, manteniéndose otras, y modificándose relativamente otras. De todas formas esto se entenderá mejor cuando tratemos la planificación de la seguridad en las distintas fases de los trabajos realizados en la Concepción.



Figura 591. Fachada Sur de la Concepción antes de ser restaurada.

La memoria descriptiva constituye el primer capítulo del Plan de Seguridad y Salud. Dentro de ella se distinguen tres apartados, haciendo referencia el primero de ellos a la idoneidad del Plan de Seguridad, especificando que se ha redactado conforme a las normativas vigentes y al Estudio de Seguridad elaborado por la Dirección Facultativa encargada del Proyecto.

En el segundo apartado se indican los datos generales de la Empresa Constructora, en este caso Azuche 88 S. L. En él se informa de la ubicación, C.I.F de la empresa, y de que la obra se realizará con personal propio de la Empresa Azuche 88 S. L. y con personal de obra Subcontratado, Autónomo o Empresas Auxiliares.

Para finalizar este capítulo se realiza un resumen de las características de la obra, realizando para ello, en primer lugar, una descripción del edificio y de la situación de la obra, describiendo de manera muy abreviada la iglesia de la Concepción.

A continuación se describe la obra y la superficie de ésta, indicando que la superficie total construida del edificio es de 1.389,83 m² con una ocupación en planta de 891,66 m², lo que supone un volumen total de 11.429,00 m³.

Seguidamente comenta la existencia de edificios colindantes en la parte trasera de la Iglesia de la Concepción, mientras que para los accesos se indica que la iglesia de la Concepción se encuentra ubicada en la Calle Corredera. Dicha calle se compone de una vía de circulación de único sentido a continuación un paseo y una doble vía de circulación.



Figura 592. En primer término podemos ver la caseta de obra y el vallado perimetral de la Concepción visto desde el paseo de la Corredera.

Especifica que la obra se encontrará vallada en todo su perímetro invadiendo la vía de circulación de único sentido para la instalación de la grúa torre. En relación a la seguridad para terceros se toma la medida de que el Templo se encontrará cerrado al público durante el tiempo de ejecución de las obras de Rehabilitación. A la hora de realizar los trabajos esta medida no se llevó a cabo ya que el cura de la Concepción alegó la imposibilidad de que los fieles tuviesen que ir a otro Templo para asistir a misa, por lo que se organizó la obra para posibilitar la compatibilidad de los horarios de misa con el de los trabajos de restauración.

En relación a la climatología de Caravaca de la Cruz se afirma que se trata de un clima suave en invierno y caluroso en verano con bajo nivel de precipitaciones atmosféricas, y por tanto característico del clima mediterráneo de esta zona levantina.

A continuación nos comenta el presupuesto, plazo de ejecución y mano de obra, destacando que el plazo de ejecución previsto desde el inicio hasta la finalización completa de las obras es de 12 meses según el proyecto redactado por la Dirección Facultativa.

También se enumeran los Centros Médicos más próximos, detallándose sus direcciones y teléfonos.

Finalmente se indica el responsable en la Promoción de las Obras, en nuestro caso la Diócesis de Cartagena, el responsable en la Coordinación de la Seguridad y Salud en la obra y los autores del Proyecto de Restauración de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz.

El segundo capítulo del Plan de Seguridad y Salud hace referencia a la **Identificación de los Riesgos que pueden ser Evitados**. Para ello este capítulo se estructura en seis apartados divididos de la siguiente manera:

- Trabajos previos a la realización de la obra.
- Servicios higiénicos, vestuario y aseos de obra.
- Instalación eléctrica provisional de obra y extinción de incendios.
- Maquinaria de obra.

- Medios auxiliares de obra.
- Planificación de la seguridad en las fases de obra.



Figura 593. Vallado perimetral de la obra de la Concepción donde ya se puede apreciar el aspecto de la fachada Sur tras ser restaurada.

En cuanto a los trabajos previos a la realización de la obra se señalan como tales el vallado perimetral de la iglesia y los suministros provisionales de energía eléctrica y agua. En relación al vallado se indica que dadas las características de la obra, ubicación del templo y debido a la necesidad de colocar una grúa torre para los trabajos de izado de cargas a las zonas mas elevadas, se debe proceder a colocar un vallado que invada una vía de circulación de sentido único de la calle Corredera. Y en lo relativo al suministro de agua se indica que se tome de la

red de agua potable. Además de la descripción de estos trabajos, en este apartado también se indican los riesgos más comunes, las normas básicas de seguridad y las protecciones individuales que deben tomarse a la hora de realizar cada una de estas actividades.

El segundo apartado se refiere a los servicios higiénicos, vestuario y aseos de obra necesarios para los trabajadores de la obra, contemplándose la instalación de una caseta prefabricada como oficina en la obra, situándose en la fachada Sur de la iglesia de la Concepción. No se contempla caseta para comedor del personal de obra, puesto que el personal de obra es de poblaciones próximas y puede comer en su domicilio o en su defecto en los bares próximos a la obra. Asimismo se prevé la colocación de una caseta sanitaria prefabricada como zona de vestuario y aseo, que se ubicará en una zona protegida. También se comenta que se debe instalar una caseta destinada al almacenamiento de herramientas y pequeña maquinaria, debidamente identificada. Finalmente a la hora de realizar la obra no fue necesario dotar de caseta para aseos y vestuarios para el personal de obra, ya que dado el reducido número de trabajadores que cohabitaban al mismo tiempo en la obra se habilitó para ello los aseos de la casa del cura.

El apartado tercero de este capítulo habla de la Instalación Eléctrica Provisional de obra y del sistema de Extinción de Incendios. En él se precisa que la realización de la acometida de obra la realice la empresa suministradora de energía eléctrica. Además indica una serie de requisitos que deberán cumplir los elementos empleados en esta fase, acompañados de los riesgos más comunes a la hora de realizar estos trabajos, las normas o medidas preventivas tipo que debe tomarse para extremar las precauciones y las medidas de protección individual que deben emplear los trabajadores que se encarguen de dichos trabajos.



El apartado cuarto, nos indica la maquinaria de obra necesaria para la realización de los trabajos de Restauración de la iglesia de la Concepción, limitándose a enumerar la maquinaria de obra, ya que el desarrollo de ésta se realizará en el capítulo cuarto del Plan de Seguridad y Salud.

En el apartado quinto de este capítulo se indican los medios auxiliares necesarios para la realización de las obras de Restauración de la Concepción, limitándose, como en el apartado anterior, a enumerarlos, ya que posteriormente se desarrollarán en el capítulo tercero del Plan de Seguridad y Salud.

En el apartado sexto se explica la planificación de la seguridad en las distintas fases de la obra de Restauración de la iglesia de la Concepción, distinguiéndose las siguientes fases.

- Trabajos previos.
- Desmontados y demoliciones.
- Movimiento de tierras y excavación en zanja.
- Estructuras.
- Albañilería en general y cerramientos.
- Cubiertas.
- Acabados de Obra y Oficios.
 - Enfoscados y enlucidos.
 - Solados.
 - Falsos Techos.
 - Carpintería de madera.
 - Carpintería de aluminio.
 - Cerrajería.
 - Montaje de vidrio.
 - Pintura y barnizado.
- Instalaciones.
 - Instalación de Electricidad.

A la hora de planificar cada una de las fases de obra se distinguen cuatro partes: en la primera se describen en que consisten los trabajos de cada fase, la segunda explica los riesgos más frecuentes que podemos encontrarnos a la hora de realizar dichos trabajos, la tercera tiene en cuenta las normas o medidas preventivas que se deben tomar para evitar que se produzcan situaciones peligrosas, y la cuarta enumera los elementos de protección individual que requieren los trabajadores para realizar los mencionados trabajos con seguridad. Nosotros nos centraremos únicamente en la descripción de los trabajos ya que las medidas de protección individual nos

ocuparán otro apartado específico del Proyecto Final de Carrera que hemos denominado Equipos de Protección Individual empleadas en la Restauración de la iglesia de la Concepción.

En primer lugar vamos a explicar en que consisten los trabajos previos que se deben realizar en la Restauración de la iglesia de la Concepción, y que según el Plan de Seguridad y Salud se reducen al montaje de los andamios y a la instalación de la grúa torre.



Figura 594. Andamios metálicos tubulares empleados para la Restauración del artesonado de la Concepción.

Para realizar los trabajos de restauración en la fachada de la Concepción así como en el artesonado mudéjar del interior de la iglesia, especifica la necesidad de emplear un andamio tubular “tipo Europeo”. El montaje se realizará por tramos y se irán arriostrando adecuadamente a la fachada. Para ello se colocarán los niveladores de base, montando a continuación las plataformas iniciales, asegurándonos de que todas ellas se apoyen sobre patas de regulación de altura (husillos). Además se irán colocando de forma que vayamos triangulando las plataformas de base inicial, comprobando en todo momento la correcta colocación de los diferentes elementos que componen el andamio así como la distancia a la fachada, siguiendo adecuadamente el plan de montaje establecido para ese tipo de andamio. Para comprender mejor su instalación se adjunta el Plan de montaje del andamio que se detalla en el capítulo diez del Plan de Seguridad.



Figura 595. Una de las fases de instalación de la grúa torre de la Concepción, en este caso se trata del montaje de su pluma.

En el caso de la instalación de la grúa torre se indica, tal como especifica la Consejería de Industria de la Comunidad de Murcia, que es de Obligado Cumplimiento que un Ingeniero Técnico Industrial realice el Proyecto de Grúa-Torre de esta obra, señalando en dicho proyecto el tipo de Grúa-Torre a emplear, la cimentación que se requiere, sus anclajes, radios de giro, montaje, maquinaria, potencia, etc. a instalar para la correcta manipulación de la misma.

En cuanto a los trabajos de desmontados y demoliciones, el Plan de Seguridad y Salud distingue los siguientes trabajos:

- Trabajos de desmontado de faldón de cubierta inclinada existente.
- Picado de muros exteriores.
- Desmontado de Artesonado.
- Demolición de forjados en la Torre de la Iglesia

Para la realización de los trabajos de desmontado de los faldones inclinados de cubierta especifica la utilización del andamio que previamente se montará en la fachada del edificio. Los andamios nos servirán para la colocación de una línea de vida que permitirá el anclaje de los cinturones que llevarán los trabajadores que realicen los trabajos de desmontado. Todo el andamio ira protegido mediante un toldo de protección, evitando así cualquier riesgo por caída de material o herramientas. Para el caso de desmontaje de tableros y el cañizo existente bajo la teja se colocará una red horizontal como medida de protección contra caída de altura.

Los materiales que han sido desmontados se irán acopiando en lugar seguro, eliminando el material inservible mediante batea para el escombros, que serán retiradas a través de la grúa torre, y posteriormente depositados en un contenedor para escombros con lona de protección para evitar ambiente pulvígeno.

Las herramientas empleadas para el desmontaje de los faldones que se utilizarán serán herramientas manuales, realizándose el desmontaje de la teja de la cubierta desde el propio andamio, evitando la caída a distinto nivel. Además los trabajadores dejarán la teja recuperada sobre tableros horizontales en lugar seguro, evitando la caída de material a distinto nivel.



Figura 596. Operarios realizando trabajos de limpieza fachada para su posterior revestimiento con mortero de cal coloreado.

El proyecto también contempla el picado de los muros y limpieza de la fachada para su posterior revestimiento con mortero de cal coloreado. La maquinaria a emplear será mediante compresor y martillo eléctrico, comprobando antes de su utilización que las herramientas disponen de doble aislamiento y la puesta a tierra, con el fin de evitar cualquier riesgo de contactos eléctricos.



Figura 597. Operarios recogiendo el escombros procedente del desmontaje del faldón de cubierta de la casa del cura.

Para el desmontado del artesonado existente utilizaremos el andamio que previamente hemos colocado en todo el perímetro de la fachada y que se encuentra debidamente instalado según el Plan de montaje que se adjunta en el capítulo diez del Plan de Seguridad y Salud. Será imprescindible que los trabajadores estén sujetos mediante su arnés a una línea de vida durante el montaje de estos andamios, reduciendo el riesgo de caída a distinto nivel. Una vez desmontado el artesonado será transportado mediante camión de transporte a un taller donde se procederá a su restauración.

Los escombros y material sobrante procedente de la demolición serán transportados a los correspondientes contenedores que deberán ir provistos de una lona antipolvo. Las herramientas que serán utilizadas serán de tipo manual.



Figura 598. Carpintero realizando el corte de las piezas para su posterior colocación in situ.



Figura 599. Carpintero colocando uno de los saetinos del artesonado, empleando para ello la pistola neumática.

Como podemos comprobar en el capítulo nueve de este Proyecto Final de Carrera, el procedimiento final a la hora de intervenir en el artesonado mudéjar de la Concepción fue bien distinto. Y es que tras consultar a expertos en el arte de la técnica de la carpintería de armar, se estipuló que no era nada aconsejable desmontar las piezas del artesonado para tratarlas en taller, siendo mucho más óptimo para la conservación del artesonado la reparación in situ de las piezas del artesonado aprovechando los andamios tubulares instalados en el interior de la iglesia. De este modo se facilitaron plataformas de trabajo para que los restauradores y carpinteros tuvieran una fácil accesibilidad a las piezas constituyentes del artesonado y pudiesen trabajar en la restauración del mismo desde el propio andamio facilitándose al máximo su trabajo.



Figura 600. Restauración de los forjados de la torre consistente en reforzarlos, para lo cual se recurrió al empleo de una mallazo de reparto realizándose la capa de compresión con arlita.

En la torre se contempla los trabajos de demolición de los seis forjados actuales y sus escaleras, para proceder a la construcción de nuevos forjados. Se indica que estos trabajos se realizarán de forma manual, mediante herramientas eléctricas y manuales. Para este proceso se colocará una red horizontal como medida de protección contra caída de altura, también se instalarán punto de anclaje o líneas de vida para que los operarios que ejecuten esos trabajos puedan amarrar los arneses de seguridad.

Al igual que en el caso del artesonado, la intervención realizada en los forjados de la torre y la escalera no tuvo nada que ver con el Proyecto inicial ya que la intervención llevada finalmente a cabo consistió en reforzar los forjados y consolidar la escalera de la torre. Para reforzar

los forjados se recurrió a introducir un mallazo de reparto empleando para la capa de compresión arlita, como podemos apreciar en la figura.

En cuanto a los trabajos de movimientos de tierras y excavación en zanja, el Plan de Seguridad y Salud establece que en el perímetro del edificio se ejecute una zanja drenante rellena de grava con tubo poroso pegado al muro y tela asfáltica, con objeto de impermeabilizar y eliminar las humedades del edificio. Estos trabajos de extracción de tierras se deben realizar por medios manuales, utilizando herramientas manuales y eléctricas. El vertido de las tierras se transporta a contenedores habilitados para ello, que una vez llenos serán transportados mediante camiones a vertederos autorizados.

Aunque en un principio esta era una partida del Proyecto de Restauración de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz, posteriormente no llegó a ejecutarse ya que dado el reducido presupuesto de ejecución de la obra, se metió dentro de la futura segunda fase de ejecución de la iglesia de la Concepción, que se destinará fundamentalmente a trabajos de Restauración del interior del templo.

La planificación de los trabajos de albañilería en general comprende pequeños trabajos de albañilería tales como antepechos de sillería en las zonas de la cubierta.

Respecto a los trabajos de cubierta, el Plan de Seguridad y Salud prevé las obras de colocación de una cubierta metálica apoyada sobre una estructura soporte. Para finalizarla se colocará la teja vieja recuperada sobre una capa de mortero. Para estos trabajos se necesitará andamios, los cuales deben instalarse con redes perimetrales o barandillas de seguridad con todas sus protecciones reglamentarias. También se prevé la colocación de un cable fijador para el enganche de los arneses de seguridad de los trabajadores que realicen estos trabajos.

Esta partida también se ejecutó de forma distinta aplicándose lo expuesto en el Proyecto modificado. Así pues, en lugar de realizar una cubierta metálica apoyada sobre una estructura soporte también metálica, se decidió por conservar la cubierta original sustituyendo los rastreles y tableros dispuestos entre par y par que no podían ser recuperados por otros nuevos que tuviesen las mismas características. Asimismo se impermeabilizó el conjunto de la cubierta al sustituir las pequeñas tablas que cerraban superiormente la cámara de aire existente entre la teja y el artesonado, por tableros hidrófugos. Además sobre estos tableros se dispusieron planchas de onduline recibiendo la teja con mortero de cemento dispuesto sobre la anterior capa. El proceso se puede apreciar con todo tipo de detalles en la explicación acompañada de fotografías que se encuentra en el capítulo 7 de este Proyecto Final de Carrera.



Figura 601. Restauración de la fachada Oeste del crucero de la Iglesia Parroquial de la Concepción.

Los trabajos relativos a los acabados de obra que señala el Plan de Seguridad y Salud comprenden los tratamientos de limpieza del paño de sillería, especialmente del cuarto cuerpo de la torre de la Concepción.

Otra de los trabajos a realizar es la reparación de los aleros de las fachadas y la torre. Para ello se comenta que debe emplearse el tratamiento consistente en el chorro de agua caliente mediante maquina de chorreo de agua vaporeta.

También se procederá a la reintegración del volumen de la piedra en aquellas piezas deterioradas empleando para ello mortero. Además se prevé el sellado de las juntas de fábrica de sillería, así como el rascado de las juntas de los sillares y la ejecución de nuevas juntas con mortero de cal en las fachadas.



Figura 602. Restauración de los aleros de la torre de la Concepción. Para ello se empleo el plomo creándose en sus bordes perimetrales un "comido" en forma de goterón.

Bajo los aleros de la torre se especifica la ejecución de goterón así como la sustitución de todas las bajantes y canalones que estén deterioradas por otras nuevas. Como medio auxiliar para la realización de estos trabajos se utilizarán los andamios tubulares que deberán ir provistos de todas las protecciones que exige la normativa específica.

También se colocará pavimento de loseta hidráulica sobre las zanjas ejecutadas con anterioridad. Esta partida como ya hemos comentado a la analizar los trabajos de movimiento de tierras y excavación en zanja, no se llegó a ejecutar, por lo que se incluirá en la segunda fase de la Restauración de la iglesia de la Concepción.

Asimismo también se plantea en estos trabajos de acabados la colocación del artesonado que anteriormente ha sido desmontado y llevado a taller para su tratamiento y restauración, (contemplando un tratamiento para la madera y su posterior barnizado). Como ya explicamos a la hora de analizar los trabajos de desmontados y demoliciones, esta partido se ejecutó de forma radicalmente distinta a como en un principio estaba estipulado en proyecto, realizándose los trabajos relativos a la sustitución de piezas de madera del artesonado in situ.

En el Plan de Seguridad y Salud también se prevé que en esta fase se colocará la carpintería metálica, la cerrajería y la pintura.

Únicamente falta por citar los trabajos de instalaciones. El Plan de Seguridad y Salud sólo hace referencia a la instalación de electricidad indicando que los materiales deben llegar listos para su colocación directa en obra, debiendo pasar antes de su puesta en servicio una primera operación de entrada en obra, que después de un cierto tiempo de almacenamiento pasaran a ser colocados directamente en su lugar correspondiente. Como consecuencia de ello los riesgos serán los propios del uso de las herramientas correspondientes.

El tercer capítulo del Plan de Seguridad y Salud indica los **Medios Auxiliares empleados en la obra** de Restauración de la iglesia de la Concepción. A la hora de analizar este capítulo nosotros nos limitaremos a enumerar los medios auxiliares empleados, ya que la manera de emplear estos medios auxiliares nos ocupará otro apartado específico del Proyecto Final de Carrera que hemos denominado medidas de protección colectivas empleadas en la Restauración de la iglesia de la Concepción. Así pues podemos indicar que los Medios Auxiliares previstos para esta obra son:



- Andamios en general.
- Andamios metálicos tubulares.
- Andamios sobre borriquetas
- Escaleras de mano.
- Puntales metálicos.
- Torreta de hormigonado.
- Plataforma de trabajo.

El capítulo cuarto del Plan de Seguridad y Salud relaciona todos los **Equipos Técnicos empleados en esta obra**. Para ello se prevé, como Equipos Técnicos para la realización de las diferentes unidades de la obra de Rehabilitación de la Iglesia de la Concepción, los siguientes elementos:

- Grúa Torre
- Maquinaria en general.
- Camión de transporte.
- Camión Grúa.
- Bomba de hormigón.
- Equipo de Soldadura.
- Vibrador de hormigón.
- Compresor.
- Grupo Electrógeno.
- Hormigonera.
- Cortadora de material cerámico.
- Herramientas manuales
- Maquina- Herramientas en General
- Sierra circular.
- Martillo.
- Taladro.

En este capítulo se explica brevemente los trabajos más comunes en los que será necesario el empleo de esta maquinaria, tratando cada uno de estos equipos según tres apartados. En el primero se señalan los riesgos más frecuentes que nos pueden surgir al emplear dicha maquinaria. A continuación se enumeran las medidas preventivas que se den tomar para una correcta organización de la obra, y por último se especifican los equipos de protección personal que deben emplear los operarios a la hora de realizar los trabajos con la maquinaria en cuestión.



El capítulo quinto del Plan de Seguridad y Salud especifica las **Previsiones e Informaciones útiles** para efectuar en su día, en las debidas condiciones de Seguridad y Salud, los previsibles trabajos posteriores, mediante el desarrollo de los siguientes puntos:

- Previsibles trabajos posteriores, en donde se citan los casos más comunes tales como limpieza y mantenimiento de fachadas exteriores, de los petos de cubierta, el mantenimiento de instalaciones, etc.
- Riesgos laborales que pueden aparecer, enumerando aquellos que se producen con mayor frecuencia en las obras de Restauración.
- Previsiones técnicas para el control y reducción de los riesgos laborales que pueden surgir durante la realización de dichos trabajos.
- Informaciones útiles para los usuarios, recomendando principalmente la redacción de un plan de seguimiento de las instrucciones de usos y mantenimiento del edificio así como de sus instalaciones, con objeto de conservarlas en buen estado.

A continuación, en el capítulo sexto, se indica el **Pliego de Condiciones del Estudio de Seguridad y Salud**, señalando que la obra de Rehabilitación de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz, estará regulado a lo largo de su ejecución por una serie de textos que a lo largo de este capítulo se irán citando, siendo de obligado cumplimiento para las partes implicadas, en el proceso constructivo.

El Pliego de Condiciones del Estudio de Seguridad y Salud se desglosa en los siguientes apartados:

- Legislación vigente aplicable, donde se indican las normas que deberán de cumplirse a la hora de realizar cada una de las fases de la obra.
- Normativa legal de aplicación. En este apartado se especifican los derechos y obligaciones, en materia de Seguridad y Salud, de cada uno de los agentes que intervienen en el proceso constructivo de las obras de Rehabilitación de la iglesia de la Concepción.
- Organización y documentación de la seguridad en la obra. En este apartado se indican las medidas que deberán adoptar las distintas partes que intervienen en las obras de Restauración de la iglesia de la Concepción para la correcta aplicación del Plan de Seguridad y Salud. Además se señalan una serie de documentos que deben encontrarse de forma permanente durante la realización de los trabajos, con objeto de facilitar el control y seguimiento de dicho plan.

- Condiciones técnicas de los medios de protección, en donde se especifica las condiciones que deben reunir tanto los equipos de protección individual como los de protección colectiva para una realización segura de los trabajos de Restauración.
- Condiciones técnicas de la maquinaria. Al igual que el apartado anterior, señala las condiciones que deben reunir las máquinas empleadas para una realización segura de los trabajos de Restauración de la iglesia de la Concepción.
- Condiciones técnicas de la instalación eléctrica. En este apartado se especifica claramente que la instalación eléctrica de los lugares de trabajo en las obras de Restauración de la Concepción deberá ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.

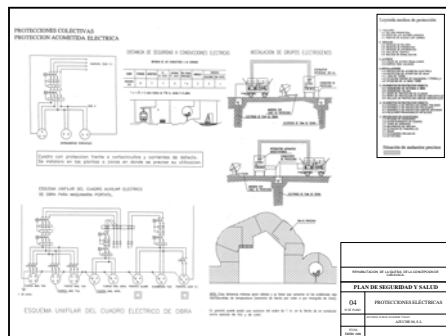


Figura 603. Ejemplo de uno de los planos de seguridad del Plan de Seguridad y Salud de la Concepción.

El capítulo séptimo del Plan de Seguridad y Salud muestra los **Planos de Seguridad** para una correcta y segura ejecución de cada una de las fases en que se divide la obra.

El capítulo octavo del Plan de Seguridad y Salud incluye una serie de **Fichas de Seguridad**, mientras que en el capítulo noveno se muestra una serie de **Formularios de Seguridad**.

El capítulo décimo es el relativo al **Plan de Montaje** de los andamios tubulares empleados en la Restauración de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca. El objetivo de esta Plan es la prevención de los distintos riesgos laborales asociados al montaje, uso y desmontaje de los andamios fijos perimetrales así como los que puedan afectar a terceros. Para ello se indican los factores de riesgo y las causas que los generan y las medidas de prevención y protección más idóneas.

Para finalizar el Plan de Seguridad y Salud, el capítulo undécimo especifica las **Mediciones y Presupuesto** en materia de Seguridad y Salud que se requieren en las obras de Restauración de la iglesia de la Concepción. Para ello divide el presupuesto en cuatro apartados:

- Apartado 1. Protecciones individuales.
- Apartado 2. Protecciones colectivas.
- Apartado 3. Señalización.
- Apartado 4. Instalaciones bienestar.
- Apartado 5. Formación y varios.

10.2.1. MEDIDAS DE PROTECCIÓN COLECTIVAS EMPLEADAS EN LA INTERVENCIÓN EN EL ARTESONADO MUDÉJAR.

En este apartado vamos a analizar las medidas de protección colectivas que requieren los medios auxiliares previstos en el Plan de Seguridad y Salud para la Restauración del artesonado de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz, comprobando si posteriormente, durante la realización de las obras, se han empleado dichas protecciones, o si por el contrario se han utilizado otras distintas.



Figura 604. Andamios metálicos tubulares dispuestos en toda la longitud y anchura de la nave central de la Concepción, empleados para la restauración del artesonado.



Figura 605. En esta imagen podemos ver mejor la configuración de estos andamios.

El primer medio auxiliar de trabajo que señala el Plan de Seguridad y Salud para la restauración del artesonado de la Concepción son los andamios metálicos tubulares. Para el empleo de éstos se especifica que estén comercializados con todos los sistemas de seguridad que lo hacen seguro (escaleras, barandillas, pasamanos, rodapiés, superficies de trabajo, bridas y pasadores de anclaje de los tablones, etc.). Además, el andamio metálico debe cumplir la normativa vigente, con especial atención a lo reglamentado por la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

Este medio auxiliar de trabajo se ha empleado en la Restauración de la iglesia de la Concepción para los trabajos de restauración de las fachadas y la torre, así como para los trabajos de restauración del artesonado mudéjar que cubre la nave central de la iglesia. Además, como se especifica en el Plan de Seguridad, antes de su utilización, los andamios pasaron un exhaustivo reconocimiento comprobando en todo momento que cumpliesen con la normativa vigente aplicable respecto a este tipo de medios auxiliares de trabajo.

Los andamios empleados en la restauración del artesonado de la Concepción cuentan con su respectiva escalerilla mediante la cual se puede ir subiendo por las distintas plataformas accediéndose a cada planta mediante una trampilla habilitada en cada una de ellas, debiendo tener la precaución de cerrar esta trampilla una



Figura 606. Andamios preparados para el montaje superior de las plataformas de trabajo.



Figura 607. Plataformas de trabajo instaladas a lo largo de toda la nave central de la Concepción para poder realizar los trabajos pertinentes en cada uno de los tramos del almizate de la iglesia.



Figura 608. Operario realizando los trabajos de restauración de la cubierta de la Concepción apoyándose para ello de la línea de vida instalada en la cumbrera de la cubierta.

vez que se ha accedido a la plataforma de trabajo, con objeto de que no se produzca ningún tipo de caída a través de ellas.

Como se puede apreciar en las distintas fotos, los andamios empleados en la Concepción se constituyen de tres planchas metálicas de 20 cm. de ancho cada una de ellas, provistas de los correspondientes pasamanos y rodapié.

En los trabajos de Restauración del artesonado mudéjar de la nave central se dispuso de plataformas de trabajo realizadas con las mismas piezas que las empleadas para los andamios tubulares, de modo que abarcasen toda la superficie del artesonado, permitiendo a los restauradores y carpinteros poder desempeñar sus funciones de la manera más eficiente. Bajo estas plataformas se instaló una enorme red, que tenía como objeto retener todos los materiales o maquinaria que se pudiese caer mientras se realizaban dichos trabajos, evitando de esta manera que pudiesen caer sobre las personas que se encontrasen en el nivel inferior de la iglesia.

Respecto a la intervención en la cubierta de la Concepción, necesaria para conservar el artesonado, se instalaron líneas de vida con el objeto de que los trabajadores encargados de sustituir los rastreles y chillas deterioradas y de retejar los faldones, pudiesen engancharse con el arnés, realizando los trabajos de modo seguro.



10.2.2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL EMPLEADOS EN LA INTERVENCIÓN EN EL ARTESONADO MUDÉJAR.

En primer lugar hay que señalar que se entiende por equipo de protección individual (EPI) cualquier dispositivo o medio que vaya a llevar o del que vaya a disponer una persona, con el objetivo de que le proteja contra uno o varios riesgos que puedan amenazar su salud y su seguridad.

Los equipos de protección individual se clasifican en una de las categorías siguientes:

Categoría I: Son modelos de E.P.I. de diseño sencillo. El usuario puede juzgar por sí mismo su eficacia contra riesgos mínimos, y sus efectos, cuando sean graduales, pueden ser percibidos a tiempo y sin peligro para el usuario.

Categoría II: Son modelos de E.P.I. que, no reuniendo las condiciones de la Categoría 1, no están diseñados de la forma y para la magnitud de riesgo que se indica en la Categoría III.

Categoría III: Son modelos de E.P.I. de diseño complejo, destinados a proteger al usuario de todo peligro mortal o que puede dañar gravemente y de forma irreversible la salud, sin que pueda descubrir a tiempo su efecto inmediato.

Una vez explicado que se entiende por E.P.I, así como las distintas categorías que se consideran, vamos a señalar los E.P.I que se han empleado en la intervención del artesonado de la Concepción. Para desarrollar este apartado, vamos a indicar primero los equipos de protección individual que el Plan de Seguridad y Salud había previsto para la realización de los trabajos de Restauración de la Iglesia Parroquial de Caravaca de la Cruz, y después comentaremos los equipos que finalmente se emplearon.

Los equipos de protección individual que se especifican en el Plan de Seguridad y Salud necesarios para los trabajadores que intervengan en la restauración del artesonado mudéjar de la nave central de la Concepción son los siguientes:

- Ropa de trabajo acorde a cada uno de los trabajos.
- Casco certificado.
- Trajes de agua en caso necesario.
- Guantes de protección
- Cinturón antivibratorio.
- Protectores auditivos
- Gafas de protección

- Mascarilla de seguridad para ambientes pulvigenos
- Dispositivos anticaídas
- Cinturones portaherramientas
- Calzado de seguridad.



Figura 609. La primera fase de los trabajos de Restauración del artesonado de la Concepción consistió en la limpieza de toda la superficie del artesonado.

Una vez comentado los equipos de protección individual que señala el Plan de Seguridad, vamos a indicar los que finalmente se emplearon en las distintas fases de intervención en el artesonado. Para ello vamos a ir comentando, según el orden lógico de los trabajos en el artesonado, los equipos empleados para cada una de las fases de restauración del mismo. Además comentaremos en que consiste cada EPI, cómo se debe emplear y el mantenimiento que debemos hacer de ellos para que su empleo sea eficaz.

La primera fase de los trabajos consistió en la limpieza de la totalidad del artesonado para lo cual los restauradores emplearon **guantes de látex** desechables con objeto de evitar el contacto directo de la piel con los ácidos, álcalis o sales que contienen los productos empleados para la limpieza del artesonado.

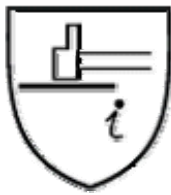
Según la norma UNE-EN 420 (de requisitos generales para los guantes), un guante es un equipo de protección individual (EPI) que protege la mano o una parte de ella contra riesgos. En algunos casos puede cubrir parte del antebrazo y el brazo. Esencialmente los diferentes tipos de riesgos que se pueden presentar son los que a continuación se indican:

- Riesgos mecánicos.
- Riesgos térmicos.
- Riesgos químicos y biológicos.
- Riesgos eléctricos.
- Vibraciones.
- Radiaciones ionizantes.

Aparte del obligatorio marcado "CE" conforme a lo dispuesto en el Real Decreto 1407/1992 y modificaciones posteriores, el guante puede ir marcado con los siguientes elementos, según lo exigido en la norma UNE - EN 420

1. Nombre, marca registrada u otro medio de identificación del fabricante o representante autorizado.
2. Denominación del guante (nombre comercial o código, que permita al usuario identificar el producto con la gama del fabricante o su representante autorizado).
3. Talla.
4. Fecha de caducidad.

Asimismo el envase de los guantes se marcará con estos elementos y además con el pictograma apropiado al riesgo cubierto por el guante. A continuación se indican los diferentes pictogramas:



Riesgos
mecánicos



Riesgos por frío



Riesgos por impacto



Calor y fuego



Electricidad
estática



Riesgos químicos



Radiaciones ionizantes y
contaminación radiactiva



Riesgos bacteriológicos

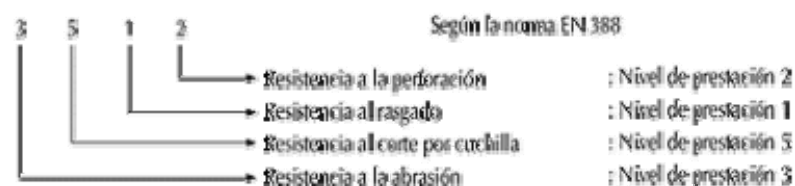
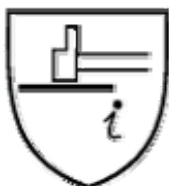
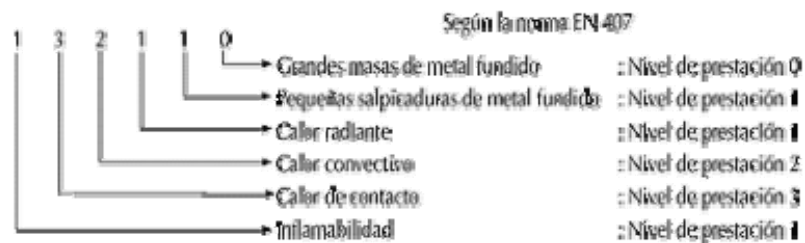


Figura 610. Pictogramas que deben figurar en los envases de guantes.



Figura 611. Guantes empleados por los restauradores para los trabajos de limpieza del artesonado.

Para preparar una protección eficaz contra los riesgos, los guantes deben mantenerse útiles, duraderos y resistentes frente a numerosas acciones e influencias, de modo que su función protectora quede garantizada durante toda su vida útil.

Algunas indicaciones prácticas de interés, relativas a este particular, son:

- La piel es por sí misma una buena protección contra las agresiones del exterior. Por ello hay que prestar atención a una adecuada higiene de las manos con agua y jabón y untarse con una crema protectora en caso necesario.
- A la hora de elegir unos guantes de protección hay que sopesar, por una parte, la sensibilidad al tacto y la capacidad de asir y, por otra, la necesidad de la protección más elevada posible.
- Los guantes de protección deben ser de talla correcta. La utilización de unos guantes demasiado estrechos puede, por ejemplo, mermar sus propiedades aislantes o dificultar la circulación.
- Al elegir guantes para la protección contra productos químicos hay que tener en cuenta los siguientes elementos:
 - en algunos casos ciertos materiales, que proporcionan una buena protección contra unos productos químicos, protegen muy mal contra otros.
 - la mezcla de ciertos productos puede a veces dar como resultado propiedades diferentes de las que cabría esperar en función del conocimiento de las propiedades de cada uno de ellos.
- Los guantes de PVA no son resistentes al agua.
- Al utilizar guantes de protección puede producirse sudor. Este problema se resuelve utilizando guantes con forro absorbente, no obstante, este elemento puede reducir el tacto y la flexibilidad de los dedos, así como la capacidad de asir.
- El utilizar guantes con forro reduce igualmente problemas tales como rozaduras producidas por las costuras, etc.

Algunas recomendaciones de interés se recogen a continuación:

- Hay que comprobar periódicamente si los guantes presentan rotos, agujeros o dilataciones. Si ello ocurre y no se pueden reparar, hay que sustituirlos dado que su acción protectora se habrá reducido.
- En cuanto a los guantes de protección contra los productos químicos, estos requieren una especial atención, siendo conveniente resaltar los siguientes puntos:
 - deberá establecerse un calendario para la sustitución periódica de los guantes a fin de garantizar que se cambien antes de ser permeados por los productos químicos;
 - la utilización de guantes contaminados puede ser más peligrosa que la falta de utilización, debido a que el contaminante puede irse acumulando en el material componente del guante;

Los guantes de cuero, algodón o similares, deberán conservarse limpios y secos por el lado que está en contacto con la piel. En cualquier caso, los guantes de protección deberán limpiarse siguiendo las instrucciones del proveedor.²⁸⁸

La segunda fase fue la desinsectación de la madera constituyente del artesonado de la Concepción con objeto de eliminar los agentes bióticos causantes de las alteraciones de la madera. Dada la toxicidad de los productos empleados en estos trabajos, los restauradores tuvieron que emplear **trajes especiales** de buzo Tyvek consistente en un mono completo con capucha, fabricado con tyvek de Du Pont, que forma una barrera completa contra partículas de hasta 0,5 micras. Además estos trajes repelen el agua, son antiestáticos y no le afectan la mayoría de los ácidos, álcalis o sales.

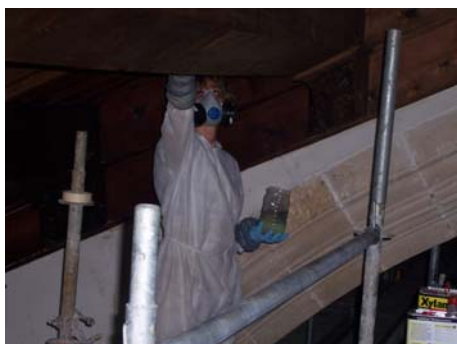


Figura 612. Segunda fase de los trabajos de Restauración del artesonado consistente en la desinsectación de la madera. Para ello los restauradores debieron de protegerse con trajes especiales, guantes de látex y mascarillas.

Para la realización de estos trabajos también fue necesario el empleo de **mascarillas de doble filtro** certificada por la UE bajo norma EN-140. Dicha mascarilla está fabricada en caucho termoplástico y consiste básicamente en un adaptador facial que cubre eficazmente la nariz, boca y barbilla del operario.

²⁸⁸ www.mtas.es



Figura 613. Mascarilla de doble filtro empleada por los restauradores en esta fase de los trabajos.

Los equipos de protección respiratoria son equipos de protección individual de las vías respiratorias en los que la protección contra los contaminantes aerotransportados se obtiene reduciendo la concentración de éstos en la zona de inhalación por debajo de los niveles de exposición recomendados.

Esencialmente se tienen los siguientes tipos de protectores:

a) Dependientes del medio ambiente (quipos filtrantes):

En estos casos, el aire inhalado pasa a través de un filtro donde se eliminan los contaminantes. A su vez se subdividen en:

- Equipos filtrantes contra partículas.
 - Filtro contra partículas + adaptador facial.
 - Mascarilla filtrante contra partículas.
 - Equipos filtrantes ventilados (cascos, capuchas, etc.).
- Equipos filtrantes contra gases y vapores.
 - Filtro para gases + adaptador facial.
 - Equipos filtrantes contra partículas, gases y vapores.
- Mascarilla filtrante contra gases y vapores.
 - Filtro combinado + adaptador facial.
 - Mascarilla filtrante contra partículas, gases y vapores.

b) Independientes del medio ambiente (equipos aislantes):

Proporcionan protección tanto para atmósferas contaminadas como para la deficiencia de oxígeno. Se fundamentan en el suministro de un gas no contaminado respirable (aire u oxígeno). Los principales tipos existentes se indican a continuación:

- No autónomos.
 - De manguera.
 - Sin asistencia.
 - Manualmente asistidos.
 - Asistidos con ventilador.
 - Con línea de aire comprimido.
 - De flujo continuo.

A demanda.

A demanda, de presión positiva.

- Autónomos.

- De circuito abierto.

De aire comprimido.

De aire comprimido, a demanda con presión positiva.

- De circuito cerrado.

De oxígeno comprimido.

De oxígeno líquido.

De generación de oxígeno.

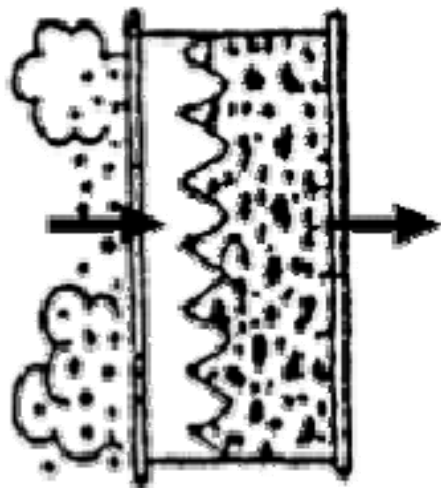


Figura 614. Esquema del funcionamiento de los filtros en este tipo de mascarillas.

En cualquier caso el parámetro definitorio de la eficiencia del equipo es el denominado "factor de protección". El factor de protección describe la relación entre la concentración de un agente nocivo en el aire ambiental y la concentración en el aire respirado por el usuario de un equipo de protección respiratoria. La concentración del agente nocivo en el aire respirado es debida: a la penetración de aire ambiental a través del filtro, a la falta de estanqueidad de la válvula de exhalación, de la conexión entre filtro y portafiltros y de todos los restantes elementos de unión entre las distintas piezas del equipo, así como, en, particular, a un ajuste deficiente del adaptador facial a la cara del usuario.

Cuanto mayor sea el factor de protección, mayor será la protección respiratoria conseguida. Para elegir el equipo de protección de las vías respiratorias adecuado para una utilización concreta, aparte del factor de protección hay que determinar también la concentración de agente nocivo en el aire ambiental. Cuando se desee obtener la concentración máxima a la que se puede utilizar el equipo, debe multiplicarse el factor de protección de dicho equipo por el valor límite ambiental para la exposición diaria del agente nocivo publicado por el INSHT en el "Documento sobre límites de exposición profesional para agentes químicos en España"

En el folleto informativo del fabricante figura información sobre el grado de protección del equipo. En general, estos datos se basan en los resultados de ensayos realizados en laboratorios, por lo que dicha protección puede ser menor en la práctica.



En el lugar de trabajo las vías respiratorias del trabajador y, por éstas, su cuerpo entero pueden hallarse expuestos a riesgos de naturaleza diversa. Paralelamente se presentarán una serie de riesgos derivados del equipo y de la utilización del mismo.

En resumen, se pueden categorizar los riesgos en tres grupos:

1. Amenaza de las vías respiratorias por acciones externas.
2. Amenaza de la persona por acción a través de las vías respiratorias.
3. Riesgos para la salud o molestias, vinculados al uso de equipos de protección respiratoria.

Algunas indicaciones prácticas de interés, relativas a este particular, son:

- Los equipos de protección de las vías respiratorias están diseñados de tal manera que sólo se pueden utilizar por espacios de tiempo relativamente cortos. Por regla general, no se debe trabajar con ellos durante más de dos horas seguidas; en el caso de equipos livianos o de realización de trabajos ligeros con interrupciones entre las distintas tareas, el equipo podrá utilizarse durante un periodo más prolongado.
- Antes de utilizar un filtro, es necesario comprobar la fecha de caducidad impresa en el mismo y su perfecto estado de conservación, con arreglo a la información del fabricante, y, a ser posible, comparar el tipo de filtro y el ámbito de aplicación.
- Cuando deban elegirse equipos de protección respiratoria para personas con características especiales, se prestará mucha atención a:
 1. Malformaciones en la cara o pilosidad excesiva (barba, etc.).
 2. Utilización de gafas incompatibles con el equipo.
 3. Trastornos circulatorios.
 4. Problemas cinemáticos (movilidad reducida).
 5. Problemas neurológicos.
 6. Toma de determinados medicamentos que puedan aumentar el efecto del agente nocivo.
 7. Problemas psicológicos (claustrofobia, etc.).
 8. Capacidad respiratoria reducida.
 9. Embarazo.
 10. Información insuficiente sobre el modo de utilizar el equipo.
- Antes de empezar a utilizar equipos de protección respiratoria, los trabajadores deben ser instruidos por una persona cualificada y responsable del uso de estos aparatos dentro de



la empresa. Dicho entrenamiento comprenderá también las normas de comportamiento en situaciones de emergencia.

- Se recomienda que todos los trabajadores que utilicen equipos de protección respiratoria se sometan a un reconocimiento del aparato respiratorio realizado por un médico. La frecuencia mínima de estos reconocimientos debería ser la siguiente:
 - Cada tres años para trabajadores de menos de 35 años.
 - Cada dos años para trabajadores de edad comprendida entre 35 y 45 años.
 - Cada año para trabajadores de más de 45 años.
- Es importante también que la empresa disponga de un sencillo sistema de control para verificar que los equipos de protección respiratoria se hallan en buen estado y se ajustan correctamente a los usuarios, a fin de evitar cualquier situación de riesgo. Estos controles deberán efectuarse con regularidad.
- La función protectora de un equipo es muy variable y depende del tipo de equipo y del uso que se le de. El folleto informativo del fabricante contiene información más detallada. Algunos filtros, una vez abiertos, no deben utilizarse durante más de una semana, siempre y cuando se guarden de un día para otro en una bolsa cerrada herméticamente. Otros, en cambio, deben utilizarse una sola vez.
- El fabricante del equipo debe suministrar información sobre el manejo, la limpieza y la desinfección del aparato. Cuando el equipo sea utilizado por más de una persona, deberán solicitarse varios ejemplares.
- Es necesario velar sobre todo porque los aparatos no se almacenen en lugares expuestos a temperaturas elevadas y ambientes húmedos antes de su utilización, de acuerdo con la información del fabricante; las cajas deben apilarse de forma que no se produzcan deterioros.
- Se debe controlar especialmente el estado de las válvulas de inhalación y exhalación del adaptador facial, el estado de las botellas de los equipos de respiración autónomos y de todos los elementos de estanqueidad y de unión entre las distintas partes del aparato.²⁸⁹

Para finalizar los EPI's empleados por los trabajadores en esta fase de ejecución de los trabajos de restauración del artesonado nos queda mencionar el uso de los guantes. Para evitar el contacto directo de la piel con los productos empleados, en este caso Corpol Anticarcormas, se emplearon **guantes de látex** desechables. Los guantes empleados en esta fase deben cumplir las mismas especificaciones que comentamos para la anterior fase.

La siguiente fase consistió en la consolidación de la madera del artesonado, con la finalidad de devolver la cohesión interna a la madera. Para ello se empleó el Paraloid B-72 disuelto en tolueno al 4%. Para estos trabajos los restauradores se protegieron **con mascarillas autofiltrantes y guantes de látex** desechables. Los EPI's empleados en esta fase deben cumplir los requisitos expuestos en las anteriores fases.



Figura 615. Carpintero provisto de la pantalla de protección facial con objeto de impedir que el serrín se introdujese en sus ojos.

La cuarta fase de la restauración del artesonado consistió en la sustitución de las piezas de madera del artesonado. Estos trabajos los realizaron carpinteros especialistas protegiéndose para ello con **gafas o pantallas**. Es preciso reseñar la peligrosidad de estos trabajos ya que todos los años, gran número de trabajadores sufren pérdidas de su capacidad visual o pierden la vista por completo. De cada 100 accidentes con baja, 8 se localizan en los ojos.

La mayor parte de los accidentes oculares podrían evitarse dotando a las máquinas e instalaciones de protecciones, y sobre todo, si se utilizan protecciones personales: gafas y pantallas. Además se debería de realizar un reconocimiento sistemático de la capacidad visual de los trabajadores con lo que se conseguiría una mejoraría en su seguridad.

Para la protección de la vista existen diferentes tipos de equipos de protección individual, que escogeremos en función del riesgo al que nos encontremos expuestos: gafas de protección, pantallas...



Figura 616. Gafas de protección.

Se tienen dos tipos de gafas de protección:

- Gafas de montura universal: protectores de los ojos cuyos oculares están acoplados en una montura con patillas (con o sin protectores oculares).
- Gafas de montura integral: encierran de manera estanca la región orbital y en contacto con el rostro.



Figura 617. Pantalla facial empleada por los carpinteros en los trabajos de Restauración de las correas del faldón Sur de la Concepción.

Las pantallas de protección, además de para el riesgo contra el que están diseñadas (calor radiante, salpicaduras, radiaciones, impactos, salpicaduras del metal...) se clasifican en:

- Pantalla facial: Protector de los ojos que cubre la totalidad o una parte del rostro.
- Pantalla de mano: pantallas faciales que se sostienen con la mano.
- Pantalla facial integral: protectores de los ojos que, además de los ojos, cubre cara, garganta y cuello, pudiendo ser llevados sobre la cabeza bien directamente mediante un arnés de cabeza o con un casco protector.
- Pantalla facial montada: protectores de los ojos con protección facial que pueden ser llevados directamente sobre la cabeza mediante un arnés de cabeza, o conjuntamente con un casco de protección. En la industria siderúrgica son muchos los procesos que requieren el uso de gafas y pantallas de protección: las actividades en la chatarra, en el parque de minerales, en el proceso de transformación primaria, la hojalata...

Los riesgos principales a los que estás expuesto en la realización de tu trabajo son:

Lesiones por impacto

Lesiones por radiaciones

Lesiones por líquidos o vapores calientes y metales en fusión.

Para el mantenimiento de las gafas y pantallas faciales es muy importante cumplir las siguientes recomendaciones:

- Limpiar los protectores completos con agua tibia y jabón. En ningún caso deben usarse disolventes.
- Limpiar los cristales de las gafas cuantas veces sea necesario.
- El uso prolongado de estos protectores puede producir rayas o picaduras, y en el caso de los oculares plásticos pueden amarillear. Por lo tanto, es necesario revisar periódicamente su estado, cambiando el protector si se presentan estos defectos, aunque aparentemente todavía permitan la visión.



- Ante cualquier anomalía que se detecte en el protector ocular, es aconsejable comunicárselo a tu superior para la sustitución inmediata por un nuevo equipo.

En cuanto a las normas de seguridad relativas a las gafas de protección debemos asegurarnos de que se cumplen una serie de requisitos o recomendaciones:

- Tu encargado o superior directo deberá proporcionarte las instrucciones o folleto que viene junto con las gafas o pantalla de seguridad.
- Comprueba que tu equipo tiene el marcado CE.
- Respeta las normas de utilización y mantenimiento.
- No olvides que tu equipo es de uso individual.
- Si observas alguna anomalía en tu equipo o consideras que ya no es adecuado comunícaselo a tu superior para que lo sustituya por otro.
- Siempre que te encuentres esta señal, tendrás que usar tus gafas o pantalla de seguridad.²⁹⁰

Las restantes fases de los trabajos de restauración del artesonado de la Concepción, entre las que se incluyen la restitución de las policromías y el encerado final de la totalidad de la madera del mismo, no precisaron la utilización de ningún equipo de protección individual específico ya que estas labores no presentaban ninguna peligrosidad para los trabajadores.

²⁹⁰ www.mtas.es



10.2.3. EVALUACIÓN DE RIESGOS EN LOS TRABAJOS DE CONSERVACIÓN DEL ARTESONADO.

En este apartado vamos a tratar de mostrar la evaluación de riesgos que la empresa encargada de realizar los trabajos de Restauración de la Iglesia Parroquial de Caravaca de la Cruz debe llevar a cabo con cada una de las distintas fases de los trabajos de la obra.

El objetivo que se pretende lograr con la evaluación de riesgos de las distintas fases que comprende la realización de una obra es la de identificar los factores de riesgo, los riesgos de accidente de trabajo y/o enfermedad profesional derivados de los mismos, procediendo a su evaluación, de manera que sirva de base para la posterior planificación de la acción preventiva en la cual se determinarán las medidas y acciones necesarias para su corrección. (Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre "Prevención de Riesgos Laborales").

Para abordar este tema es práctica común en las empresas constructoras realizar una serie de fichas tipo en las que se indica en la cabecera la unidad de trabajo. A continuación se muestra una tabla en la que se distinguen cuatro columnas, la primera relativa a la identificación del riesgo que conlleva la realización de dicho trabajo y que se divide en factor de riesgo, riesgos derivados de su presencia y grado de riesgo, la segunda en la que se especifican las medidas preventivas que se requieren adoptar para realizar dicho trabajo, la tercera especifica quien es el responsable de comprobar dichas medidas, así como el plazo con que deben realizarse dichas comprobaciones, y por último se muestra una cuarta columna donde debe firmar el responsable de la supervisión de las medidas preventivas señalando la fecha en que se realizaron dichas comprobaciones.

Tras el análisis de las características de la obra y del personal destinado a ésta, se determinan los riesgos que afectan al conjunto de los trabajadores de la misma, y a los trabajadores de una sección, puesto de trabajo determinado o zona de obra.

La metodología que se utiliza para elaborar las fichas de evaluación de riesgos consiste en identificar el **factor de riesgo** y asociarle los **riesgos** derivados de su presencia. En la identificación de los riesgos se ha utilizado la lista de "Riesgos de accidente y enfermedad profesional" basada en la clasificación oficial de formas de accidente y en el cuadro de enfermedades profesionales de la Seguridad Social.

Para la evaluación de los riesgos se utiliza el concepto "Grado de Riesgo" obtenido de la valoración conjunta de la probabilidad de que se produzca el daño y severidad de las consecuencias del mismo.



Se han establecido cinco niveles de grado de riesgo obtenidos de las diferentes combinaciones de la probabilidad y severidad, las cuales se indican en la tabla siguiente:

GRADO DE RIESGO		SEVERIDAD		
		ALTA	MEDIA	BAJA
PROBABILIDAD	ALTA	Muy Alto	Alto	Moderado
	MEDIA	Alto	Moderado	Bajo
	BAJA	Moderado	Bajo	Muy Bajo

La probabilidad se valora teniendo en cuenta las medidas de prevención existente y su adecuación a los requisitos legales, a las normas técnicas y a los códigos sobre prácticas correctas. La severidad se valora en base a las más probables consecuencias de accidente o enfermedad profesional.

Con objeto de obtener de manera automática en la ficha de evaluación de riesgos el grado de riesgo que conlleva cada una de los distintos riesgos que se derivan de los trabajos, se crea la siguiente tabla, que está en función de la probabilidad del riesgo y de la severidad del mismo.

PROBABILIDAD	SEVERIDAD	P&S	GRADO DE RIESGO
A	A	AA	Muy Alto
A	M	AM	Alto
A	B	AB	Moderado
M	A	MA	Alto
M	M	MM	Moderado
M	B	MB	Bajo
B	A	BA	Moderado
B	M	BM	Bajo
B	B	BB	Muy bajo

A continuación mostramos la ficha de evaluación de riesgos relativa a los trabajos de restauración del artesonado de la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz.



EVALUACIÓN DE RIESGOS, PLANIFICACIÓN Y CONTROL EN ACCIONES PREVENTIVAS

UNIDAD OPERATIVA: **RESTAURACIÓN DEL ARTESONADO.**

IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO			MEDIDAS PREVENTIVAS	PLAZO RESPONSABLE	COMPROBADO POR / FECHA
FACTOR	RIESGO	GRADO			
Trabajos en altura	Caídas a distinto nivel	A	Los andamios dispondrán de barandillas de 0,90 cm. de altura y barra intermedia a 0,60 así como un rodapié de 20 cm. de altura. La anchura mínima de la plataforma de trabajo será de 60 cm.	Recurso Preventivo	
			Los andamios se montarán sobre una base sólida y adecuadamente preparada y se anclarán a las fachadas cuando sea posible.	Recurso Preventivo	
			Los distintos niveles de los andamios serán accesibles mediante escaleras.	Recurso Preventivo	
	Caídas al mismo nivel	B	Se mantendrá el orden y limpieza en las plataformas de trabajo.	Recurso Preventivo	
Perforación	Proyección de partículas	M	Los operarios que realicen la reintegración de las piezas llevarán guantes de protección y gafas de protección.	Recurso Preventivo	
Resinas	E.P. producida por contacto con sustancias tóxicas o irritantes	M	Los operarios que manipulen los productos destinados a la desinsectación de la madera llevarán guantes de goma o látex.	Recurso Preventivo	



IGLESIA PARROQUIAL DE LA CONCEPCIÓN DE CARAVACA DE LA CRUZ
ESTUDIO HISTÓRICO-CONSTRUCTIVO DEL ARTESONADO MUDÉJAR.
INTERVENCIÓN PARA SU CONSERVACIÓN.

Universidad Politécnica de Cartagena. E. U. de Ingeniería Técnica Civil. Arquitectura Técnica

Alberto Valera Royo

Proyecto Fin de Carrera





11. PLANIMETRÍA DE LA IGLESIA PARROQUIAL DE LA CONCEPCIÓN DE CARAVACA DE LA CRUZ.

En este capítulo vamos a mostrar los planos necesarios para comprender con todo tipo de detalle la Iglesia Parroquial de la Concepción. Como comenté en el capítulo 10 de este Proyecto Final de Carrera, la restauración de la Concepción contó con el inconveniente de cambiar la Dirección Facultativa encargada de dirigir las obras antes del comienzo de la misma, nombrándose una nueva Dirección Facultativa que modificó parte del Proyecto inicial centrando gran parte del mismo en la restauración del artesonado de la Concepción, sin lugar a dudas su mayor valor arquitectónico.

Para la realización de los planos me apoyé en una planta de la iglesia y en uno de los alzados de la Concepción (concretamente del alzado Sur) que me facilitó la Dirección Facultativa encargada de dirigir la restauración de la Iglesia. A partir de ellos y con la inestimable ayuda de los encargados de obra y principalmente del jefe de obra responsable de realizar las obras de restauración de la iglesia, fui midiendo y acotando con cinta métrica apoyándome para ello de los andamios metálicos tubulares dispuestos tanto en el interior como en el perímetro de la iglesia.

Así pues realicé once planos en los que creo que se puede entender arquitectónicamente y constructivamente la Iglesia Parroquial de la Concepción de Caravaca de la Cruz. El orden de los planos es el que muestro a continuación.

- 1. Alzado de la fachada Sur (fachada principal).
- 2. Alzado de la fachada Norte (fachada posterior).
- 3. Alzado Este.
- 4. Alzado Oeste.
- 5. Planta de cubiertas.
- 6. Planta del artesonado.
- 7. Detalles del artesonado (despiece de los almizates y faldones laterales).
- 8. Sección transversal Este.
- 9. Sección transversal Oeste.
- 10. Sección longitudinal Sur.
- 11. Sección longitudinal Norte.



12. VOCABULARIO BÁSICO DE LA CARPINTERÍA DE ARMAR ESPAÑOLA.

El presente capítulo del Proyecto Final de Carrera tiene por objeto intentar definir el significado de los términos de la carpintería de armar española, con la finalidad de aproximar al lector al conocimiento del lenguaje usado por los carpinteros de lo blanco que tantos trabajos realizaron en la España de los siglos XIV al XVIII. Para ello me he apoyado en el léxico presente en el libro de D. Enrique Nuere Matauco, *“La carpintería de armar española”*, completando algunas definiciones con el libro de D. José Ramón Paniagua, *“Vocabulario Básico de Arquitectura”*, y apoyándome puntualmente en el Diccionario de la Lengua Española.

A continuación muestro los que a mi humilde entender son los términos más básicos e importantes de la carpintería de lo blanco, y en especial de la carpintería de lazo.

-A calle y cuerda: Dícese de la disposición de las maderas que componen una armadura o un trabajo de lacería, cuando la distancia entre ellas es el doble de su grueso.

-Acuñar: Poner cuñas para la mayor firmeza de un ensamblado.

-Aguas: Faldones sobre los que se asienta la cobertura del tejado.

-Agudo: Forma del extremo de un taujel, que debe simular su paso por encima de otro, no pudiendo hacerlo realmente por tratarse de una madera que ha de ser enteriza por razón estructural.

-Aguilón: Madero de refuerzo del cuadral, que conecta el mismo con la esquina de encuentro de las maderas del estribo.

-Alarozo: El par del testero que coincide con la hilera.

-Albanecar: Cartabón que mide en el plano de los faldones de una armadura, el ángulo del estribo con la lima.

-Albura: Se llama así a la parte exterior, más joven, del leño del tallo de las plantas dicotiledóneas y gimnospermas, parte que es generalmente de color más claro que el resto del leño.

-Alero: Parte inferior de la cubierta de un edificio, que forma saliente para alojar lejos de la pared las aguas llovedizas.



-Alfarda: En las armaduras de par e hilera y de par y nudillo, cada una de las maderas que forman los faldones, cuyo extremo superior se apoya en la hilera, descansando el inferior en el estribo

-Alfarje: Techo plano. Forjado de piso.

-Alicer: Elemento de madera, generalmente de tabla, que se utiliza para cubrir parte de la infraestructura de la armadura, formando parte del arrocabe.

-Almarbate: Pieza corrida que ata los pares de una armadura por su parte más baja sobre la solera o el estribo. Cuando la armadura es de lazo, la cinta del almarbate es el límite del mismo por su parte inferior.

-Almendrilla: Figura plana con forma romboidal, que en la labor de lacería se forma entre las puntas del sino y los costadillos de los azafates. Su perfil recuerda la forma de almendra.

-Almizate: Paño horizontal plano formado por el conjunto de los nudillos en las armaduras de par y nudillo.

-Alto: La mayor dimensión de la sección de una escuadría. Igual que tabla y ancho, en contraposición con grueso que es siempre la menor dimensión.

-Angosto: Estrecho, fino.

-Apeinado: Trabado con peinaos. En una lacería apeinada, los pares. Nudillos y peinaos que la forman son elementos estructurales y decorativos a la vez.

-Apeo: Obra provisional para contener la posible ruina de un edificio, o para sujetar algún elemento mientras se le priva del apoyo habitual.

-Argeute:

-Armadura: Conjunto formado por elementos de madera, unidos entre sí para cubrir o techar un edificio o una estancia.

-Armadura apeinada: Armadura formado por piezas trabadas con peinaos.



- Armadura ataujerada: Dícese de las armaduras de lazo, cuyo lazo es ataujerado, en contraposición con las apeinazadas. El lazo se compone sobre tableros que se clavan a la estructura.
- Armadura con pendolón: En una armadura de cerchas o cuchillos, el pendolón es la pieza vertical en el centro de los mismos.
- Armadura cuadrada: Genéricamente, la que cubre una planta rectangular.
- Armadura de lazo: Armadura ornamentada con trabajo de lacería.
- Armadura de limas: Armadura formada por más de dos faldones cuyas intersecciones dan lugar a líneas de distinta pendiente a la del paño, llamadas limas.
- Armadura de par y nudillo: Similar a la de par e hilera, añadiéndole los nudillos, que son unos travesaños horizontales que unen cada pareja de pares concurrentes.
- Armadura de par y picadero: La formada por pares que en su parte superior apoyan en una viga colocada a modo de cumbrera.
- Armadura de par e hilera: Compuesta por pares, que forman la pendiente de la cubierta, apoyados en su parte inferior en un estribo, siendo su remate superior en la hilera.
- Armadura de tijera: Armadura de cuchillos triangulares, formados por dos pares y un tirante.
- Armadura izgonzada: Armadura cuya planta no es rectangular debido a que alguno de los testeros no es perpendicular a los lados.
- Armadura llana: La armadura carente de todo ornamento y policromía.
- Armadura molinera: Armadura a un agua, cuyos pares apoyan directamente de muro a muro.
- Armadura ochavada: Armadura rectangular con las esquinas ochavadas, obteniéndose una planta octogonal.
- Arrocaba: En una armadura de madera de limas moamares, son las piezas que dan continuidad visual a las péndolas dentro de la calle de limas, de su misma escuadría y forma romboidal.



-Arrocabe: En una armadura de madera, es el conjunto formado por los elementos que desde la cinta del almarbate en los faldones, hasta la solera, se anteponen a modo de remate y tapajuntas a las piezas estructurales (solera, estribo y arranque de los pares, que no van vistos).

-Artesonado: Techo que se resuelve con artesones. Por extensión los techos de par y nudillos con testereros (ochavados o no) cuya forma recuerda una gran artesa.

-Aspilla: Pieza con forma de cruz de San Andrés que remata la cabeza de los azafates en una rueda de lazo.

-Ataperfiles: Es el cartabón cuya cola (ángulo menor), es la mitad de la cabeza (ángulo mayor) del cartabón de quien toma el nombre. Son ataperfiles con denominación propia el “atimbrón”, que sale del cartabón del siete, el “blanquillo” que sale del cartabón del ocho, y el “negrillo” que sale de nueve. El cartabón de diez usa como ataperfiles al de cinco, y el resto de lazos forman sus aspillas prestadas de las ruedas de las que se desculatan.

-Ataujerado: Se dice de la labor de lacería constituida por cintas y piezas clavadas en un tablero que se sotopone a la armadura.

-Atimbrón: Cartabón ataperfiles del lazo de siete.

-Azafate: En labor de lacería se trata de las figuras que se forman alrededor del sino, limitados por los costadillos y las aspillas. Los azafates redondos son hexágonos regulares, mientras que los azafates harpados modifican esta figura para tomar la del arpón que les da el nombre.

-Azuela: Hacha pequeña de corte horizontal sirve para alisar la cara de un madero.

-Barbilla: Corte angular dado en un madero, para apoyar o encajar en otro. En los pares de una armadura el corte vertical dado en la base de los mismos, que transmite el empuje al estribo.

-Blanquillo: Cartabón ataperfiles del lazo de ocho.

-Boquilla: Caja, hueco o abertura con forma de boca, que se abre en una pieza de madera, rebajándolo, para ensamblar o clavar en ella la pieza o piezas correspondientes.

-Brochal: Madero atravesado entre otros dos de un suelo y ensamblado en ellos, con objeto de recibir los intermedios, que para dejar un hueco no han de llegar hasta el muro.



- Cabeza de cartabón: El ángulo mayor y correspondiente al cateto menor de un cartabón.
- Caja y espiga: Ensamble de dos maderas, rebajando la testa de una de ellas para que encaje en una escopleadura realizada en la otra.
- Calle: Espacio comprendido entre dos cuerdas o maderos consecutivos de un entramado.
- Calle de limas: En una armadura de madera cuando el encuentro entre dos paños se resuelve con limas moamares o dobladas, la calle de limas es el espacio que queda entre ambas.
- Cambija: Semicircunferencia empleada por los carpinteros de lo blanco para obtener en ella los distintos cartabones.
- Campaneo de limas: Aumento de sección que se le da a la lima a fin de mantener el paralelismo de las caras que limitan las calles, transformándose la sección rectangular en trapezoidal.
- Can: Pieza que se soto pone a la viga o tirante en el punto de entrega al muro, para disminuir su luz libre, y/o aumentar la sección de trabajo caso de haber empotramiento, en vez de apoyo.
- Candilejo: Estrella de cinco puntas que en la labor de lacería se forma entre las aspillas y las cabezas de los azafates. El único candilejo que es regular es el que se forma en la rueda de diez.
- Canto: Alto de un elemento de madera.
- Carpintero de lo blanco: Carpintero dedicado a la realización de toda la carpintería en la edificación, así como los ingenios de guerra.
- Carpintero de lo prieto: Carpintero dedicado a la construcción de ingenios industriales y agrícolas, así como carros y carretas.
- Cartabón: Triángulo rectángulo. En carpintería es un útil de madera que se utiliza para trazar.
- Cartabón de acuesto: Cartabón que indica una pendiente determinada, usado por ejemplo para trazar la inclinación del arrocabe en las caras de los canes o del tirante.
- Cartabón de armadura: Triángulo rectángulo indicativo de la pendiente del faldón de una cubierta. Su ángulo característico lo forma la dirección de una alfarda (o par) con la horizontal.



- Cartabón de izgonce: Cartabón que mide el descuadre del ángulo de un testero que no es perpendicular a los paños laterales.
- Cercha: Pieza curva de madera que a la vez forma y soporta cada casco de la media naranja. En general pieza estructural de perfil curvo.
- Cerrillo: Cara superior de una lima bordón biselada a dos aguas, a fin de servir de apoyo de las tablas o maderos que forman los faldones concurrentes.
- Chapitel: Armadura de base poligonal regular que se pone como remate en una torre. Armadura cupular con linterna, revestida generalmente en su intradós con técnica de encamonado.
- Chilla. Tabla delgada, usada generalmente para cubrir los huecos dejados por las cintas en los forjados de cinta y saetino, clavando para ello las tablas en el trasdós de los pares, perpendicular a estos.
- Cimbra: Estructura auxiliar para soportar las dovelas de un arco hasta la colocación de la clave.
- Cinta: Franja o tira delgada y estrecha, de madera en la labor de lacería, utilizada con fines decorativos.
- Cinta del almarbate: Cinta que une los pares por la parte inferior de las gualderas. Suele coincidir con el final del arrocabe.
- Cinta y saetino: Manera de disponer la tablazón entre las alfardas colocando tablas perpendiculares a los pares, las cintas, y paralelas para salvar el desnivel, saetinos. El trasdós se cuaja con tablas anchas, y el espacio que queda entre los pares y las cintas del trasdós se cierra con listoncillos llamados saetinos.
- Cobija: La teja árabe que se coloca con la concavidad hacia abajo.
- Cola: Tipo de ensambladura de piezas de madera con forma de cola, cola de golondrina, cola de milano, o simple corte en bisel agudo.
- Cola de cartabón: Es el ángulo menor correspondiente al cateto mayor de un cartabón.



- Colgadizo: Armadura de cubierta compuesta de pares inclinados a un solo agua. Es solución frecuente de las naves laterales en plantas basilicales.
- Copete: Corte superior del par donde se apoya la hilera. En general extremo de una pieza de madera.
- Cornezuelo: Son los extremos salientes del ensamble utilizado en los nudillos para empalmarlos con los pares.
- Cornisa: En una armadura de madera, el conjunto de piezas que constituyen el arrocabe, forman la cornisa o cornisamento de los muros sobre los que descansa.
- Correa: Elemento estructural empleado en una cubierta para cuajar un faldón. Se coloca horizontal en sentido longitudinal a diferencia del par que va inclinado, perpendicular a la dirección longitudinal de la armadura.
- Costadillo: En labor de lacería, los miembros que constituyen uno de los lados paralelos de los azafates, y que limitan con las aspillas.
- Coz de limas: Cartabón que mide la inclinación de la lima con la horizontal en el plano vertical que la contiene.
- Cuadral: Madero estructural dispuesto en un ángulo, para atirantar o afianzar a otros dos que forman en el estribo dicho ángulo. En armaduras ochavadas, los cuadrales estriban los paños de la ochava.
- Cuadrante: En armaduras con cuadrales, el paño horizontal limitado por el cuadral y los estribos, en la esquina de la pieza. De forma triangular.
- Cuarta: Medida de longitud divisor de la vara. Cada vara contiene cuatro cuartas o palmos.
- Quarterón: Como artesón, también empleado en carpintería para designar el relleno entre largueros y peinazos.
- Cuartillejo: En labor de lacería, superficie cuadrada en que los vértices son centros de sino, desde los que se trazan las correspondientes ruedas con todos sus miembros. Formado por cuatro cuartos de rueda.



- Cuarto de limas: En una armadura de limas, el trozo de la misma comprendido entre el pastoral y el plano de la hilera, conteniendo la lima.
- Cuerda: En carpintería en general y en lacería en particular, el grueso de los maderos. También cuerda para replantear alguna medida o trazo.
- Cuña: Pieza aguzada más o menos grande que se encaja a martillazos para rellenar las juntas o huecos de cualquier obra de carpintería.
- Desculatar: Dar origen a la rueda de lazo dependiente de otra. La de ocho desculata la de dieciséis, la de nueve la de doce y la de diez la de veinte.
- Duramen: Parte del leño de un árbol en que está la madera más formada, siendo más seca, compacta y oscura que el resto denominada albura, por lo que también se llama madera perfecta.
- Egión: Pieza triangular que sirve de descanso a las correas de una armadura.
- Ensamblar: Unir maderos entre sí, sin necesidad de elementos auxiliares, mediante cortes que permiten encajar unas maderas en otras.
- Entablado: Superficie formada con tablas reunidas juntando sus bordes.
- Entallador: Carpintero ejecutor de retablos, para lo que debía dominar la talla y la escultura en madera.
- Entibar: Sujetar las paredes o techo de zanja o mina con maderos para evitar su desplome.
- Entramado: Conjunto de las maderas que forman el esqueleto estructural de una edificación.
- Escopleadura: Caja realizada en la madera con un escoplo, para que encaje en ella la espiga de otra madera.
- Escuadra: Instrumento para trazar ángulo rectos. En el caso de los cartabones de lazo constituye la cabeza del cartabón del cuatro.
- Escuadría: Sección de madera.



-Espiga: Parte del ensamble denominado caja y espiga. Corresponde a la testa rebajada de una de las maderas, de modo que ajuste en la caja de la otra.

-Estribamento: Conjunto de estribos de una armadura.

-Estribo: Parte de la armadura destinada a recibir los pares. Resiste el empuje de estos gracias a los tirantes. En armaduras de reducidas dimensiones puede no existir el tirante, sustituyendo éste por el propio estribo de los testeros.

-Florón: Adorno en madera, tallada en forma de flor.

-Garganta: En general estrechamiento. Escopleadura hecha para escasear una pieza. En los pares, rebaje que se hace para alojar los cornezuelos de los nudillos.

-Gato: Máquina empleada para levantar pesos.

-Gramil: Instrumento del carpintero para trazar una línea a una determinada distancia del borde de una madera. Por haberse utilizado para rayar la madera en la cara vista de los pares, nudillos y peinazos de las armaduras, se dio también el nombre de los gramiles a los rayados o acanaladuras practicadas en ellas.

-Grueso: El grueso de una madera es la menor dimensión de su sección.

-Gualdera: Cada uno de los paños laterales de la armadura.

-Herir: Dividir, tomar. Repartir una distancia en un número determinado, o proporción, de partes menores.

-Hilera: Madera colocada horizontalmente, donde rematan las cabezas de los pares de las armaduras de madera. Sobre ella se forma el caballete o lomo de la cubierta.

-Izgonce: Ángulo agudo.

-Jabalcón: Pieza de madera empleada para reforzar otra u otras, y cuyo trabajo característico siempre es a compresión axial.

-Jácena: Viga.



-Larguero: Pieza vertical, generalmente lateral de una puerta o ventana o de su cerco.

-Lazo: Genéricamente la labor que se produce por el continuo entrecruzamiento de líneas, alternativamente por arriba y por abajo formando determinados trabajos geométricos, sin aparente solución de continuidad. En la carpintería de lo blanco este tejido además de obedecer a las leyes internas del trazado geométrico, depende muy estrechamente de factores constructivos como son modulación y dimensiones de los elementos que lo forman, lo que le confiere un aspecto propio y diferente de otros desarrollos sometidos a otros condicionantes.

-Lefe: La labor de lazo de diez con ruedas de azafates redondos exclusivamente, sin modificaciones en la traza. Los huecos existentes en el conjunto se rellenan con parejas de los mismos azafates.

-Lima: Madero que forma la arista del ángulo diedro que forman dos faldones de una armadura de cubierta.

-Lima bordón: Pieza única con que se resuelve el encuentro de dos faldones. Normalmente va desde el encuentro de los estribos a la hilera.

-Lima bordón nones: Se denomina así a la armadura de lima de bordón que tiene un número impar de péndolas en los faldones testers, llegando la central, en este caso el par alarozo, hasta la hilera.

-Lima bordón pares: Se denomina así a la armadura de lima bordón con número par de péndolas en los faldones testers, lo que implica que ninguna péndola alcanza la hilera.

-Lima hoyá: La lima formada por dos faldones que producen una vertiente a las aguas.

-Lima moamar: La producida en el encuentro entre dos faldones, resuelto mediante dos piezas, perteneciendo cada una a uno de los planos de los faldones.

-Lima tesa: La lima producida al encontrarse dos faldones en una divisoria de aguas.

-Luz: Generalmente distancia entre apoyos de un elemento resistente.

-Machihembrado: Ensemble consistente en ranurar el borde una madera para que en él entre la lengüeta dejada en el borde de otra.



- Media caña: Techo cilíndrico de medio cañón. Moldura convexa de sección semicircular.
- Media madera: Ensamble entre dos maderas de igual espesor, que se cruzan rebajando a cada una de ellas la mitad de su grueso.
- Media naranja: Cúpula semiesférica.
- Miembro: En labor de lacería, las figuras geométricas que se forman por el entrecruzamiento de las cintas: azafates, signos, almendrillas y candilejos.
- Mocárabe: Labor originalmente de función estructural y más tarde únicamente decorativa, con la que mediante piezas pequeñas cortadas de acuerdo a ciertas reglas geométricas, y compuestas de infinidad de maneras se cubre el espacio.
- Moldura: Elemento ornamental corrido, de perfil arbitrario.
- Montea: Representación a tamaño natural o a escala, del todo o parte de un elemento o traza, suficiente y necesaria para llevar a cabo su construcción.
- Montear: Traza la montea de una obra.
- Mortaja: Rebaje o ranura que se hace en una pieza a fin de ajustarle otra.
- Mudéjar: Todas las obras realizadas en el territorio cristiano peninsular en que hay influencia de arte islámico. Las del mismo carácter de otros países derivados de los mudéjares hispanos.
- Muestra: Dibujo en el que se define el trazado de la armadura. Consta generalmente de uno de los faldones del testero, y del extremo del almizate, y de ella se deduce toda la armadura.
- Nabo: En la labor de mocárabes, palo central, que sirve de eje, comienzo o cierre de los racimos y cubos de mocárabes. Genéricamente, mástil poligonal o cilíndrico.
- Negriño: Cartabón ataperfiles del lazo de nueve, utilizado en labor de lacería.
- Nudillo: Genéricamente conector. En la carpintería de lo blanco, pieza horizontal que conecta los pares en las armaduras de par y nudillo.



-Paño: En una cubierta cada uno de los paños inclinados de la misma que cubren la estancia. Según la tipología de cubierta, los paños tendrán forma triangular, cuadrada, rectangular o trapezoidal.

-Par: En las armaduras de par e hilera y de par y nudillo, cada una de las maderas que forman los faldones, cuyo extremo superior se apoya en la hilera, descansando el inferior en el estribo.

-Patilla: Corte angular que se le da a un madero para apoyar en otro.

-Peana: El madero que está debajo del cerco de una ventana.

-Pechina: Triángulo plano o esférico, que se produce como elemento de transición entre una planta cuadrada o rectangular, y su cubierta, ya sea por medio de cúpula o por armadura ochavada inscrita en dicha planta, dejando unos vanos de forma triangular, donde se forman las pechinas. En una armadura de madera, los triángulos planos o esféricos limitados por los cuadrales y los rincones de las paredes.

-Peinazo: Madero que se ensambla a otro para formar una trama determinada, ya sea una puerta o ventana, o la armadura de una techumbre con o sin lazo.

-Péndola: Las piezas de madera que en los faldones de cubierta y en la zona del cuarto de limas, terminan en la lima.

-Pie: Medida de longitud equivalente a la tercera parte de una vara.

-Pinjante: Adorno colgante, que se diferencia del racimo por no utilizar mocárabes.

-Pitipié: Escala, razón de semejanza. Galicismo, petit pie.

-Plantilla: Patrón para marcar o recortar formas determinadas. Útil auxiliar.

-Pulgada: Duodécima parte del pie.

-Racimo: Conjunto de mocárabes dispuestos de forma escalonada, formando un colgante decorativo.

-Rayo de Júpiter: Ensamble destinado a unir piezas sometidas a esfuerzos de tracción.



- Regla alta: Longitud de la quiebra del faldón con el almizate.
- Regla baja: Longitud del faldón en la cinta del almarbate.
- Remarse: Inclinar-se perdiendo el paralelismo los pares de la armadura, debido a movimientos estructurales, usualmente por falta de arriostramiento.
- Romo: Forma del extremo de un taujel al entestar en otro para simular su paso por debajo de éste último.
- Rueda: En labor de lacería, el conjunto formado por el sino y sus azafates, rematados por las aspillas.
- Saetino: Listón estrecho y alargado, de sección trapezoidal, de igual grosor a la cinta a que acompaña, y cuya función es tapar las ranuras o luces longitudinales que se producen entre la viga sobre la que monta la cinta y la tabla del trasdós.
- Sesma: Medida de longitud equivalente a la sexta parte de una vara.
- Sierra: Herramienta de filo dentado para cortar la madera.
- Signo: En la labor de lacería, el polígono regular con forma de estrella que da nombre a cada tipo de lazo. Es el centro y origen de cada rueda.
- Solera: Durmiente. Pieza de madera que se asienta en la coronación de un muro al que se conecta mediante nudillos, cuya función es servir de transición entre la fábrica y la cubierta de madera. Sobre la solera asientan los tirantes quienes a su vez reciben el estribo en donde apoyan los pares.
- Sopanda: Madero horizontal, apoyado en ambos extremos en jabalcones para fortificar otro que está encima de él.
- Tabica: Tablas de pequeño espesor utilizada para ocultar algo.
- Tabicón: Tabica grande.



- Tabla: Pieza de madera de poco espesor. También se considera la mayor dimensión de una escuadría de sección rectangular.
- Tanquil: Perpendicular. En la cambija realizada para la obtención de los cartabones, la perpendicular trazada por el centro.
- Taujel: Madero de sección determinada con que se compone el lazo en la labor de lacería.
- Telar: Conjunto de la armadura que compone su base. Incluye las soleras, estribos, cuadrales, tirantes, etc....
- Tercia: Medida de longitud equivalente a la tercera parte de una vara, también llamada pie.
- Testero: En la armadura, los lados menores de una pieza rectangular.
- Tirante: Elemento estructural para soportar tracciones. En armaduras de madera, pieza que conecta los estribos manteniendo su distancia, absorbiendo el empuje de los pares, para que no se transmita al muro.
- Tocadura: Remate decorado de los elementos de madera utilizados para componer el arrocabe.
- Traza: Modelo dibujado a cualquier escala del objeto a construir.
- Tribuna: Forjado de madera elevado sobre una sala cuyo techo comparte.
- Vara: Medida de longitud dividida en tres pies y cuatro palmos, equivalente a 83,59 cm. Su equivalencia varió según épocas y regiones, siendo el varo más frecuente utilizado el de 83,59 cm.
- Viga: Elemento de madera dispuesto horizontalmente para soportar cargas de la edificación.
- Viguetas: Vigas pequeñas.
- Violero: Carpintero dedicado a la construcción de instrumentos musicales.
- Zanca: Madero estructural inclinado. En una armadura de madera, la parte inferior de los pares que queda cubierta por el arrocabe.



CAPÍTULO 13. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA CONSULTADA.

- ARGÜELLES ÁLVAREZ, R., “*Curso de construcción en madera*”, Ed. Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, Madrid, 1988.
- CAPUZ LLADRÓ, R., “*Materiales orgánicos: Maderas*”, Ed. U.P.V, Valencia, 1997.
- COLLADO ESPEJO, P. E., “*Apuntes de la asignatura Restauración, Rehabilitación y Mantenimiento de Edificios*”, Ed. U.P.C.T, Cartagena, Curso 2005-06.
- DOMÍNGUEZ ALCOBA, J. A., “*Apuntes de la asignatura Seguridad y Prevención*”, Ed. U.P.C.T., Cartagena, Curso 2001-02.
- DUCLÓS BAUTISTA, G., “*Carpintería de lo blanco en la arquitectura religiosa de Sevilla*”, Ed. Diputación Provincial de Sevilla, Sevilla, 1992.
- FERRÁNDIZ ARAUJO, V., “*Apuntes de la asignatura Construcción I*”, Ed. U.P.C.T., Cartagena, Curso 2000-01.
- GARCÍA ESTEBAN, L., “*La madera y su anatomía*”, Fundación Conde del Valle de Salazar, Madrid, 2003.
- MELGARES GUERRERO, J. A, MARTÍNEZ CUADRADO, M^a AMPARO, “*Historia de Caravaca a través de sus monumentos*”, Obra Cultural de la Caja de Ahorros Provincial de Murcia, Murcia, 1981.
- MORALES MÉNDEZ, E., “*I Curso de construcción en madera*”, Ed. Colegio Oficial de Arquitectos de Andalucía Occidental, Sevilla, 1991.
- NUERE MATAUCO, E., “*Elementos de madera en la decoración*”, Extraído de los apuntes del Master en diseño de interiores de la Universidad de Salamanca, Salamanca, 2002.
- NUERE MATAUCO, E., “*La carpintería de armar española*”, Ed. Munilla-Lería, Madrid, 2003.
- NUERE MATAUCO, E., “*Nuevo tratado de la carpintería de lo blanco*”, Ed. Munilla-Lería, Madrid, 2001.



IGLESIA PARROQUIAL DE LA CONCEPCIÓN DE CARAVACA DE LA CRUZ
ESTUDIO HISTÓRICO-CONSTRUCTIVO DEL ARTESONADO MUDÉJAR.
INTERVENCIÓN PARA SU CONSERVACIÓN.

Universidad Politécnica de Cartagena. E. U. de Ingeniería Técnica Civil. Arquitectura Técnica

Alberto Valera Royo

Proyecto Fin de Carrera



-RÁFOLS, J. F., "Techumbres y artesonados españoles", Ed. Maxtor, Valladolid, 2005 (Edición Facsímil de Ed. Labor, Barcelona, 1926).

-ROS MCDONELL, D., "*Apuntes de la asignatura Materiales de Construcción I*", Ed. U.P.C.T., Cartagena, Curso 2000-01.

-www.geocites.com/cokevilchez/madera.htm.